

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局(43) 国際公開日
2004年5月21日 (21.05.2004)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2004/042806 A1

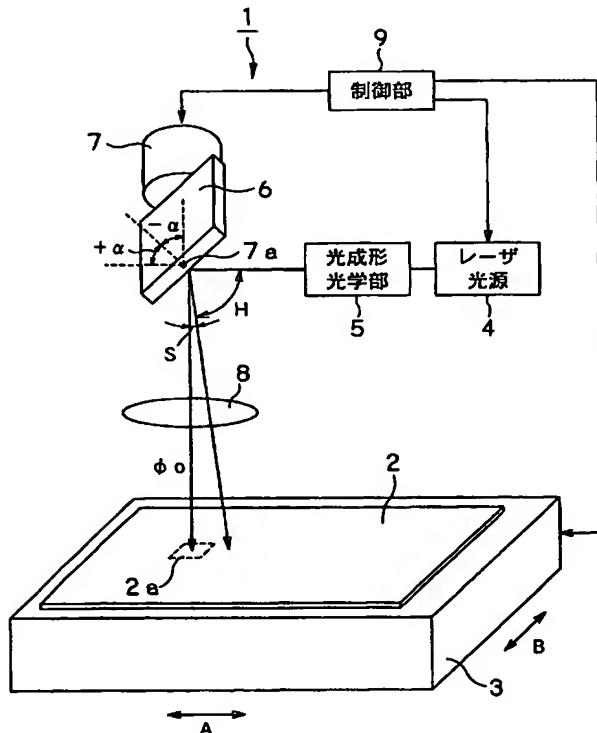
- (51) 国際特許分類: H01L 21/268, 21/20
(21) 国際出願番号: PCT/JP2003/013647
(22) 国際出願日: 2003年10月24日 (24.10.2003)
(25) 国際出願の言語: 日本語
(26) 国際公開の言語: 日本語
(30) 優先権データ:
特願2002-321705 2002年11月5日 (05.11.2002) JP
(71) 出願人(米国を除く全ての指定国について): ソニー株式会社 (SONY CORPORATION) [JP/JP]; 〒141-0001 東京都品川区北品川6丁目7番35号 Tokyo (JP).

- (72) 発明者; および
(75) 発明者/出願人(米国についてのみ): 堀田 慎 (HOTTA, Shin) [JP/JP]; 〒141-0001 東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社内 Tokyo (JP). 月原 浩一 (TSUKIHARA, Koichi) [JP/JP]; 〒141-0001 東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社内 Tokyo (JP). 大島 朗文 (OHSHIMA, Akiyumi) [JP/JP]; 〒141-0001 東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社内 Tokyo (JP). 水沢 卓 (MIZUSAWA, Takashi) [JP/JP]; 〒141-0001 東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社内 Tokyo (JP). 阿部 正昭 (ABE, Masaaki) [JP/JP]; 〒141-0001 東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社内 Tokyo (JP).

[続葉有]

(54) Title: LIGHT IRRADIATOR AND LIGHT IRRADIATING METHOD

(54) 発明の名称: 光照射装置及び光照射方法



9...CONTROL SECTION
5...OPTICAL SHAPING SECTION
4...LASER LIGHT SOURCE

(57) Abstract: A light irradiator for use in a laser annealer, comprising a control section (9) for turning the pulse of a solid state laser (4) on by detecting a fact that the rotational angle became $+\beta$ after rotation of a rotary shaft (7a) changed from clockwise to counterclockwise, turning the pulse of the solid state laser off by detecting a fact that the rotational angle became $-\beta$ subsequently, turning the pulse of the solid state laser on by detecting a fact that the rotational angle became $-\beta$ after rotation of the rotary shaft changed from counterclockwise to clockwise, and turning the pulse of the solid state laser off by detecting a fact that the rotational angle became $+\beta$ subsequently. Furthermore, the control section moves a movable stage (3) in a constant speed moving direction at a constant speed and then moves the movable stage by a specified distance in a specified distance moving direction after an object (2) being annealed is irradiated with a light beam from one end to the other end in the constant speed moving direction thus irradiating the entire surface of the object with a uniform energy.

(57) 要約: 本発明は、レーザアニール装置に用いられる光照射装置であり、制御部(9)を備え、この制御部により回転軸(7a)の回転が右回りから左回りに変化した後に回転角が $+\beta$ となった旨を検出して固体レーザ(4)のパルスをオンとし、続いて回転角が $-\beta$ となった旨を検出して固体レーザのパルスをオフとし、回転軸の回転が左回りから右回りに変化した後に回転角が $-\beta$ となった旨を検出して固体レーザのパルスをオンとし、続いて回転角が $+\beta$ となった旨を検出して固体レーザのパルスをオフとする。制御部は、さらに、可動ステージ(3)を定速移動方向へ定速移動させ、アニール対象物(2)に対して定速移動方向の一端から他端まで光ビーム

が照射された後に、可動ステージを、所定距離移動方向へ所定の距離だけ移動させ、被照射物の全面を均一なエネルギーで照射する。



(74) 代理人: 小池 晃, 外(KOIKE, Akira et al.); 〒100-0011
東京都千代田区 内幸町一丁目 1 番 7 号 大和生命ビ
ル 1 1 階 Tokyo (JP).

添付公開書類:
— 国際調査報告書

(81) 指定国 (国内): CN, JP, KR, US.

(84) 指定国 (広域): ヨーロッパ特許 (AT, BE, BG, CH, CY,
CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC,
NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR).

2 文字コード及び他の略語については、定期発行される
各 PCT ガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語
のガイダンスノート」を参照。

明細書

光照射装置及び光照射方法

技術分野

本発明は、例えば、ポリシリコン薄膜トランジスタの製造などに用いられるレーザアニール装置等に適用されて有用な光照射装置及び光照射方法に関する。

本出願は、日本国において2002年11月5日に出願された日本特許出願番号2002-321705を基礎として優先権を主張するものであり、この出願は参照することにより、本出願に援用される。

背景技術

半導体素子を製造するときなどに使用されるレーザアニール装置では、レーザ光源として、エネルギーが高い光ビームの射出を可能とするエキシマレーザが使用されている。

エキシマレーザにはガスが充填されているが、このガスは、時間が経過するに従って化学反応などにより劣化してしまう。したがって、エキシマレーザを用いるレーザアニール装置では、ガスを毎日交換するなど煩雑なメンテナンスが必要となり、その結果コストも高くなってしまう。また、ガスを交換するときには、レーザアニール装置を停止させる必要が生じるため、停止している時間分だけ生産効率が低下してしまう。さらに、エキシマレーザは、射出する光ビームのエネルギーが不安定である。例えば、ガス交換を行った後には、射出される光ビームのエネルギーが高くなる。したがって、レーザ光源としてエキシマレーザを採用したレーザアニール装置を使用すると、アニール対象物を均一にアニールすることが困難となり、歩留まりが悪くなってしまう。

以上のような点から、レーザ光源として、射出される光ビームのエネルギーが安定しており、ガスの交換等のメンテナンスが不要である固体レーザを採用する

ことが検討されている。

固体レーザーは、パルス当たりのエネルギー量がエキシマレーザーと比較して小さいが、パルス発振の繰り返し周波数を上げることができる。例えば、エキシマレーザーでは、パルス当たりのエネルギー量が約 1 J であり且つパルス発振の繰り返し周波数が約 200 Hz であるため、1 秒間に射出するエネルギー量は約 200 W である。一方、固体レーザーでは、例えばパルス当たりのエネルギー量が約 1 mJ であり且つパルス発振の繰り返し周波数が約 10 kHz であるため、1 秒間に射出するエネルギー量は約 10 W である。したがって、固体レーザーは、単位時間に射出される光ビームのエネルギーを比較すると、エキシマレーザーの 1/20 になる。すなわち、レーザー光源として固体レーザーを使用するときには、固体レーザーを 20 個使用することで、単位時間あたりに a-Si に対して照射するエネルギーをエキシマレーザーと同じとすることができる。

固体レーザーは、1 パルス当たりのエネルギーが低い。例えば、上述した条件で固体レーザーが光ビームを射出したときには、固体レーザーを 20 個使用した場合でも、1 パルス当たりのエネルギーは約 20 mJ となり、エキシマレーザーの約 1/50 となる。a-Si を十分にアニールするためには、a-Si に対して一定の値以上のエネルギー密度を有する光ビームを照射する必要がある。したがって、レーザー光源として固体レーザーを使用したときには、エキシマレーザーを使用したときに比較して、射出されたレーザー光の光軸に垂直な断面の面積を小さくする必要が生じる。

固体レーザーから射出された光ビームを、エネルギー密度が均一で一定の値以上であるラインビームに成形するためには、光ビームにおける光軸に垂直な断面のアスペクト比を非常に高くする必要が生じる。光ビームにおける光軸に垂直な断面のアスペクト比を非常に高くするビーム成形光学系には、非常に小さく且つ絶対精度が高い光学素子を多数使用する必要が生じる。すなわち、当該ビーム成形光学系は、構成が複雑であり且つエネルギーの利用効率が低いものとなる。以上説明した理由により、固体レーザーから射出された光ビームを、エネルギー密度が均一で一定の値以上であるラインビームに成形することは、非常に困難となる。

したがって、レーザー光源として固体レーザーを使用するときには、固体レーザーか

ら射出された光ビームを、光軸に垂直な断面のアスペクト比が低くなるように成形し、偏向させながら被照射物に対して照射することによって、アニール対象物上に生じるスポットを、二次元方向に走査することが好ましい。

また、固体レーザは、エキシマレーザと比較してパルス発振の繰り返し周波数が約50倍である。したがって、レーザ光源として固体レーザを採用したときには、アニール対象物に対する光ビームの照射回数を増やさないために、レーザ光源としてエキシマレーザを採用したときと比較して、可動ステージの移動速度を約50倍とする必要がある。しかし、可動ステージの移動速度を、レーザ光源としてエキシマレーザを採用したときに対して約50倍とすると、可動ステージは移動速度が非常に高速となるため、摩耗するなどの問題が生じる虞がある。

以上説明した問題点を解決するレーザアニール装置としては、図23に示すように肯定されたものが提案されている。

図23に示すレーザアニール装置120は、レーザ光源101として固体レーザを採用しており、可動ステージ102が図23中矢印Y方向のアニール対象物105の主面と平行な方向に移動し、図23中矢印X方向の矢印Y方向に垂直な方向であり且つアニール対象物105の主面と平行な方向にスポット105aを移動させる反射鏡103及びガルバノメータ104を備える。

図23に示すレーザアニール装置120において、可動ステージ102及びガルバノメータ104を駆動させる具体的な方法としては、先ず、可動ステージ102を静止した状態でガルバノメータ104を駆動して反射鏡103を矢印X方向に一端から他端まで移動させる操作と、ガルバノメータ104を静止した状態で可動ステージ102を矢印Y方向に移動させる操作を交互に行うステップアンドリピート法が挙げられる。

ところが、ステップアンドリピート法を採用すると、可動ステージ102及びガルバノメータ104の一方を静止させた後に他方を駆動させることによってタイムロスが生じ、生産性が著しく低下する。また、可動ステージ102及びガルバノメータ104の両方が位置精度良く駆動しないと、アニール対象物105に対する光ビームの照射回数にはばらつきが生じてしまう。

したがって、レーザアニール装置120では、可動ステージ102を図23中

矢印 Y 方向に定速移動させながらガルバノメータ 104 を駆動して反射鏡 103 を図 23 中矢印 X 方向に振動させて、アニール対象物 105 上のスポット 105a を一定の範囲内で繰り返し直線移動させる方法を採用することが好ましい。このとき、スポット 105a の移動速度を一定とするために、ガルバノメータ 104 に対して以下の式 21 に示す周波数 $f_{x,y}$ の三角波電圧を印加して、反射鏡 103 を角速度一定で振動させる。角速度一定で振動される反射鏡 103 によって反射された光ビームは、fθ レンズ 121 を介してアニール対象物 105 に照射されるため、アニール対象物 105 上のスポット 105a の矢印 X 方向の移動速度は一定となる。なおかつ、可動ステージ 102 の矢印 Y 方向での移動速度が式 22 で示される $V_{x,y}$ であるとき、アニール対象物 105 に対する光ビームの照射回数を一定とすることが可能となる。

$$f_{x,y} = (F_{rep} \cdot W_x) / (2D) \quad \dots (21)$$

$$V_{x,y} = (F_{rep} \cdot W_x \cdot W_y) / (nD) \quad \dots (22)$$

但し、 F_{rep} はレーザ光源のパルス発振の繰り返し周波数であり、 W_x はスポット 105a の図 23 中矢印 X 方向に沿った長さであり、 D はガルバノメータ 104 が理想的に振動したときにアニール対象物 105 上を移動するスポットの中心の振幅であり、 n はアニール対象物 105 の主面全体に照射される光ビームの平均照射回数であり、自然数の偶数である。なお、 n が奇数であるときには、均一照射にはならず照射領域全体の平均照射回数が n となる。

なお、光ビームの照射回数が 4 の倍数である場合は、ガルバノメータ 104 に対して以下の式 23 で示される周波数 $f_{x,y}$ の三角波電圧を印加し、同時に可動ステージ 102 の矢印 Y 方向での移動速度を以下の式 24 に示す $V_{x,y}$ としても、アニール対象物 105 に対する光ビームの照射回数を一定とすることが可能となる。

$$f_{x,y} = (F_{rep} \cdot W_x) / 4D \quad \dots (23)$$

$$V_{x,y} = (2 \cdot F_{rep} \cdot W_x \cdot W_y) / mD \quad \dots (24)$$

但し、 m はアニール対象物 105 の主面全体に照射される光ビームの平均照射回数であり、自然数の 4 の倍数である。

しかしながら、ガルバノメータ 104 に対して式 22 及び式 23 に示す三角波

電圧を印加しても、イナーシャ等が原因で、ガルバノメータ 104 の動きは、移動方向の変化点近傍で鈍ってしまい、スポットの振幅は D よりも小さくなる。したがって、スポット 105 a の移動方向の変化点近傍では、1 つのスポット 105 a と当該スポット 105 a に隣接するスポット 105 a との重畳面積が大きくなり、アニール対象物 105 に対する光ビームの照射回数が多くなる。

スポット 105 a の移動方向の変化点近傍で光ビームの照射回数が増加することを防ぐ方法としては、反射鏡 103 の振動の速度に応じてレーザ光源 101 から発振されるパルスの繰り返し周波数を変化させると同時に可動ステージ 102 の移動速度を変化させる方法が挙げられる。しかし、固体レーザは、パルスの繰り返し周波数が増加すると、内部に備えられた光学素子に温度変化が生じてしまうため、出射される光ビームの強度分布や広がり角などが変化してしまい、所望の照射を行うことが困難となる。また、ガルバノメータ 104 の振動の速度に応じてレーザ光源 101 から発振される光ビームのパルスの繰り返し周波数や可動ステージ 102 の移動速度を変化させるためには、複雑且つ高速な制御を行う必要が生じ、例えばレーザアニール装置 120 の設計が困難となるなどの問題点がある。

また、レーザアニール装置 120 には、 $f\theta$ レンズ 121 が使用されているために、ガルバノメータ 104 が振幅することによって照射される範囲は $f\theta$ レンズ 121 の径によって制限される。すなわち、可動ステージ 102 が定速移動する間にガルバノメータ 104 の振動によって光ビームを照射できる領域は、図 23 中矢印 Y 方向に長い形状となり、図 23 中矢印 X 方向の幅 W は $f\theta$ レンズ 121 によって制限された幅となる。径の大きい高精度の $f\theta$ レンズの設計及び作製は困難である。したがって、レーザアニール装置 120 では、図 23 中矢印 X 方向の幅 W が $f\theta$ レンズ 121 によって制限されるよりも長い範囲に対して光ビームを照射する必要があるときには、上述した照射と、上述した照射が終了した後、可動ステージ 102 を図 23 中矢印 X 方向に W だけ移動させることを交互に行う。

可動ステージ 102 の図 23 中矢印 X 方向への移動精度に限界があるために、可動ステージ 102 が矢印 X 方向に正確に W だけ移動できない場合がある。可動

ステージ 102 が矢印 X 方向に W より長い距離移動したときには、アニール対象物 105 上に光ビームの照射がなされない領域が生じ、可動ステージ 102 が図 23 中矢印 X 方向に W 未満の距離移動したときには、アニール対象物 105 上に光ビームの照射回数が 2 倍となる領域が生じる。すなわち、可動ステージ 102 が図 23 中矢印 X 方向に正確に W だけ移動できないときには、アニール対象物 105 を均一にアニールすることが困難となる。

さらに、式 22 及び式 24 から算出された V_{102} で可動ステージ 102 を移動させると、可動ステージ 102 の移動速度に約 $\pm 5\%$ のむらが生じてしまう。可動ステージ 102 の移動速度にむらが生じると、1 つのスポット 105a と隣接するスポット 105a との重畳面積が変動してしまい、アニール対象物 105 に対するレーザ光の照射回数がばらついてしまう。

発明の開示

本発明の目的は、上述したような従来の技術が有する問題点を解消することができる新規な光照射装置及び光照射方法を提供することにある。

本発明の他の目的は、レーザ光源として、1 パルス当たりのエネルギー量が小さく、パルス発振の繰り返し周波数が高い固体レーザを採用したときにも、被照射物の全面に対して、十分なエネルギーのレーザ光を均一に且つ効率良く照射することが可能である光照射装置及び光照射方法を提供することにある。

本発明に係る光照射装置は、光ビームを射出するレーザ光源と、平板状の被照射物を支持するステージと、偏向角を一定の範囲内で周期的に変化させながら入射した光ビームを偏向する偏向手段を有し、レーザ光源から射出された光ビームを導光し、光ビームを被照射物の主面に対して沿った第 1 の方向に沿って走査させながら被照射物の主面に対し照射する照射手段と、光ビームの偏向角に応じて、レーザ光源からの光ビームの射出を制御する射出制御手段と、射出制御手段により制御された光ビームを被照射物の主面に対して第 1 の方向に走査させながら照射するとともに、第 1 の方向と被照射物の主面に沿って直交する第 2 の方向へ、ステージを照射手段に対して相対移動させる第 1 の制御手段と、第 1 の制御手段

による制御の後にステージを照射手段に対して第１の方向に相対移動させる制御を行う第２の制御手段とを備え、第２の制御手段により制御がなされた第１の方向に沿った互いに異なる複数の位置において、第１の制御手段により制御がなされた照射を被照射物の同一被照射面にそれぞれ行い、被照射物の略全ての被照射面は、異なる複数の位置における第１の制御手段による照射が行われる。

本発明に係る他の光照射装置は、光ビームを射出するレーザ光源と、平板状の被照射物を支持し、被照射物の主面に平行な方向に当該被照射物を移動させる可動ステージと、偏向角を一定の範囲内で周期的に変化させながら入射した光ビームを偏向する偏向手段を有し、レーザ光源から射出された光ビームを導光し、光ビームを被照射物の主面に対して沿った第１の方向に沿って走査させながら被照射物の主面に対し照射する照射手段と、光ビームの偏向角に応じて、レーザ光源からの光ビームの射出を制御する射出制御手段とを備える。

本発明に係るさらに他の光被照射装置は、光ビームを射出するレーザ光源と、平板状の被照射物を支持する可動ステージと、偏向角を一定の範囲内で周期的に変化させながら入射した光ビームを偏向する偏向手段を有し、レーザ光源から射出された光ビームを導光し、光ビームを被照射物の主面に対して沿った第１の方向に沿って走査させながら被照射物の主面に対し照射する照射手段と、射出制御手段により制御された光ビームを被照射物の主面に対して第１の方向に走査させながら照射するとともに、第１の方向と被照射物の主面に沿って直交する第２の方向へ、ステージを照射手段に対して相対移動させる第１の制御手段と、第１の制御手段による制御の後にステージを照射手段に対して第１の方向に相対移動させる制御を行う第２の制御手段とを備え、第２の制御手段により制御がなされた第１の方向に沿った互いに異なる複数の位置において、第１の制御手段により制御がなされた照射を被照射物の同一被照射面にそれぞれ行い、被照射物の略全ての被照射面は、異なる複数の位置における第１の制御手段による制御が行われる。

本発明に係る光照射方法は、レーザ光源が光ビームを射出する射出ステップと、偏向角を一定の範囲内で周期的に変化させながら入射した光ビームを偏向する偏向ステップを有し、上記レーザ光源から射出された光ビームを導光し、光ビームを被照射物の主面に対して沿った第１の方向に沿って走査させながら被照射物の

主面に対し照射する照射ステップと、光ビームの偏向角に応じて、レーザ光源からの光ビームの射出を制御する射出制御ステップと、射出制御ステップにおいて射出が制御された光ビームを、被照射物の主面に対して第1の方向に走査させながら照射するとともに、第1の方向と被照射物の主面に沿って直交する第2の方向へ、被照射物を、照射ステップにおいて被照射物の主面に対して照射された光ビームに対して相対移動させる第1の制御ステップと、第1の制御ステップにおける制御の後に、被照射物を、照射ステップにおいて被照射物の主面に対して照射された光ビームに対して相対移動させる第2の制御ステップとを備え、第2の制御ステップにおいて制御がなされた第1の方向に沿った互いに異なる複数の位置において、第1の制御ステップにおいて制御がなされた照射を被照射物の同一被照射面にそれぞれ行い、被照射物のほぼ全ての被照射面は、異なる複数の位置における第1の制御ステップによる照射が行われる。

本発明に係る他の光照射方法は、レーザ光源が光ビームを射出する射出ステップと、平板状の被照射物を、当該被照射物の主面に平行な方向に移動させる移動ステップと、偏向角を一定の範囲内で周期的に変化させながら入射した光ビームを偏向する偏向手段を有し、レーザ光源から射出された光ビームを導光し、光ビームを被照射物の主面に対して沿った第1の方向に沿って走査させながら被照射物の主面に対し照射する照射ステップと、光ビームの偏向角に応じて、レーザ光源からの光ビームの射出を制御する射出制御ステップとを備える。

本発明に係るさらに他の光照射方法は、レーザ光源が光ビームを射出する射出ステップと、偏向角を一定の範囲内で周期的に変化させながら入射した光ビームを偏向する偏向ステップを有し、レーザ光源から射出された光ビームを導光し、光ビームを被照射物の主面に対して沿った第1の方向に沿って走査させながら被照射物の主面に対し照射する照射ステップと、射出制御ステップにおいて射出が制御された光ビームを、被照射物の主面に対して第1の方向に走査させながら照射するとともに、被照射物を、第1の方向と被照射物の主面に沿って直交する第2の方向へ、照射ステップにおいて被照射物の主面に対して照射された光ビームに対して相対移動させる第1の制御ステップと、第1の制御ステップにおける制御の後に、被照射物を、照射ステップにおいて被照射物の主面に対して照射され

た光ビームに対して相対移動させる第2の制御ステップとを備え、第2の制御ステップにおいて制御がなされた第1の方向に沿った互いに異なる複数の位置において、第1の制御ステップにおいて制御がなされた照射を被照射物の同一被照射面にそれぞれ行い、被照射物のほぼ全ての被照射面は、異なる複数の位置における第1の制御ステップによる照射が行われる。

本発明の更に他の目的、本発明によって得られる具体的な利点は、以下において図面を参照して説明される実施の形態の説明から一層明らかにされるであろう。

図面の簡単な説明

図1は、本発明を適用したレーザアニール装置を示す斜視図である。

図2は、アニール対象物上におけるスポットの動きを示す図である。

図3は、反射鏡を一定の速度で揺動させたときに、隣接するスポット同士が所定の面積で重なっている状態を示す図である。

図4は、1つのスポットと当該スポットに隣接するスポットとが重畳しない状態を示す図である。

図5は、1つのスポットと当該スポットに隣接するスポットとが重畳した部分の所定距離移動方向の長さが、 $W_s/2$ となる状態を示す図である。

図6は、ガルバノメータに対して印加する三角波電圧と、回転軸の回転角との関係を示す図である。

図7は、制御部による制御を行わない状態で光ビームをアニール対象物に対して照射したときの、スポットの移動を示す図である。

図8は、回転角 α と回転角 β との関係を示す図である。

図9は、制御部によって制御した状態で光ビームをアニール対象物に対して照射したときの、スポットの移動を示す図である。

図10は、カラムが形成されるときにスポットの動きを示す図である。

図11は、アニール対象物全体をアニールするときのスポットの動きを示す図である。

図12は、 $i = 2$ 、且つ $n = 4$ でアニール対象物に光ビームを照射する方法を

示す模式図である。

図 1 3 は、 $i = 2$ 、且つ $n = 10$ でアニール対象物に光ビームを照射する方法を示す模式図である。

図 1 4 A は 1 つのカラムと当該カラムに隣接するカラムの重畳面積が所定の面積よりも大きいときにはアニール対象物に対する光ビームの照射回数が $n + i$ 回となることを説明するための図であり、図 1 4 B は 1 つのカラムと当該カラムに隣接するカラムの重畳面積が所定の面積よりも小さいときにはアニール対象物に対する光ビームの照射回数が $n - i$ 回となることを説明するための図である。

図 1 5 は、回転角 α 、回転角 β 及び回転角 γ の関係と回転軸の回転角 Y と被照射物上の照射回数との関係を示し、図 1 5 A は回転角 α 、回転角 β 及び回転角 γ の関係 α 、 β 、及び γ の関係を示し、図 1 5 B 及び図 1 5 C は、回転軸の回転角 Y と被照射物上の照射回数との関係を示す図である。

図 1 6 は、光ビームが 2 回照射された領域の両端に、光ビームが 1 回照射された領域が形成された状態を示す図である。

図 1 7 A は $i = 2$ 且つ $n = 4$ でアニール対象物を照射するときに、隣接するカラムとの重畳面積が所定の面積よりも小さいとアニール対象物に対する光ビームの照射回数が 3 回となることを示す図であり、図 1 7 B は $i = 2$ 且つ $n = 4$ でアニール対象物を照射するときに、隣接するカラムとの重畳面積が所定の面積よりも大きいとアニール対象物に対する光ビームの照射回数が 5 回となることを示す図である。

図 1 8 は、スポットとこのスポットに隣接する他のスポットとが重畳した部分の所定距離移動方向の長さが $W_s/3$ であることを示す模式図である。

図 1 9 A は、スポットとこのスポットに隣接する他のスポットとが重畳した部分の所定距離移動方向の長さが $W_s/3$ の状態で、所定距離移動方向の一端から他端までスポットが移動した状態を示す図であり、図 1 9 B は、スポットとこのスポットに隣接する他のスポットとが重畳した部分の所定距離移動方向の長さ L が $W_s/3$ の状態で、所定距離移動方向の一端から他端までスポットが移動した状態を示す図であり、図 1 9 C は、3 回領域の両端に、2 回領域と 1 回領域とが順次作製された状態を示す図である。

図 20 は、 $n = 5$ のときにアニール対象物に対して光ビームを照射する方法を示す模式図である。

図 21 は、 $n = 7$ のときにアニール対象物に対して光ビームを照射する方法を示す模式図である。

図 22 A は $n = 5$ でアニール対象物を照射するときに、隣接するカラムとの重畳面積が所定の面積よりも小さいとアニール対象物に対する光ビームの照射回数が 4 回となることを示す図であり、図 22 B は図 22 A と同じ条件でアニール対象物を照射するときに、隣接するカラムとの重畳面積が所定の面積よりも大きいとアニール対象物に対する光ビームの照射回数が 6 回となることを示す図である。

図 23 は、従来のレーザアニール装置を示す模式図である。

発明を実施するための最良の形態

以下、本発明をレーザアニール装置に適用した例を挙げて説明する。

本発明を適用したレーザアニール装置 1 は、図 1 に示すように、アニール対象物 2 を支持するとともにアニール対象物 2 の主面に平行な方向に移動可能とされている可動ステージ 3 と、光ビームをパルス発振する固体レーザ 4 と、固体レーザ 4 から射出された光ビームの光軸に垂直な断面の形状を成形するとともに光ビームのエネルギー密度を均一にする光成形光学系 5 と、光成形光学系 5 から射出される光ビームを偏向する反射鏡 6 と、反射鏡 6 を一定の速度で振動するガルバノメータ 7 と、反射鏡 6 によって偏向された光ビームを上記アニール対象物 2 に対して照射する $f \theta$ レンズ 8 と、反射鏡 6 によって偏向された光ビームの偏向角に応じて上記固体レーザ 4 からの光ビームのパルス発振を制御する制御部 9 とを備える。

可動ステージ 3 は、例えばガラス基板上に形成された a-Si 薄膜など平板状のアニール対象物 2 を支持する。この可動ステージ 3 は、アニール対象物 2 の主面に平行であり且つ互いに直交する二方向に移動する。具体的に説明すると、可動ステージ 3 は、図 1 中矢印 A 方向のアニール対象物 2 の主面に平行で且つ互いに直交する二方向のうちの一方向（以下、所定距離移動方向という。）に、所定

の距離ずつ移動する。また、可動ステージ 3 は、図 1 中矢印 B 方向のアニール対象物 2 の主面に平行であり且つ互いに直交する二方向のうち所定距離移動方向に直交している方向（以下、定速移動方向という。）に、定速移動する。本例では、可動ステージ 3 は、所定距離移動方向へ移動するためのねじ送り式パルスモータと、定速移動方向へ移動するためのエアスライド式リニアモータとを備えている。

固体レーザー 4 は、レーザー光を射出する。固体レーザー 4 は、半導体を除く結晶やガラスなどの透明物質を母体材料とし、母体材料中に希土類イオンや遷移金属イオンなどをドープした固体レーザー材料を光によって励起して、レーザービームを射出する。ここで用いられる固体レーザーとしては、Nd : YAG（イットリウムアルミニウムガーネット）レーザー、Nd : YVO₄ レーザー、Nd : YLF（イットリウムリチウムフルオライド）レーザー、Ti : Sapphire レーザー、及びこれらの高調波レーザーなどが挙げられる。

固体レーザー 4 は、光ビームパルスの射出をオン及びオフすることができる。本例では、固体レーザー 4 は Q スイッチを備えており、Q スイッチがオンのときにレーザーロッド内にて誘導放出が殆ど起こらず、反転分布状態の上準位/下準位比は Q スイッチがオフのときと比べて極端に大きくなることを利用して、Q スイッチのオンオフを数 10 kHz オーダーの速さで繰り返すことでパルス発振をさせ、Q スイッチをオフにし続けることで CW（Continuous Wave）発振させることができる。CW 発振のときに固体レーザー 4 から射出される光ビームはエネルギーが弱いので、当該光ビームをアニール対象物 2 に対して照射しても、アニール対象物 2 はアニールされない。以後、パルス発振させることをパルスをオンにすると表現し、CW 発振させることをパルスをオフにすると表現する。すなわち、アニール対象物 2 は、固体レーザー 4 のパルスをオンとしたときにはアニールされ、オフとしたときにはアニールされない。

光成形光学系 5 は、ホモジナイザなどを備えており、光ビームのエネルギー密度を平均化するとともに光ビームの光軸に垂直な断面を成形する。光成形光学系 5 は、光ビームの光軸に垂直な断面を、アスペクト比が低い形状に成形する。本例では、光成形光学系 5 は、光ビームの光軸に垂直な断面を、 $W_x = 1.5$ [mm]、 $W_y = 1$ [mm] の長方形となるように成形している。

反射鏡 6 は、光成形光学系 5 から射出された光ビームを反射することにより、光ビームの進行方向を変化させる。反射された光ビームは、f θ レンズ 8 を介してアニール対象物 2 の主面に入射する。また、反射鏡 6 は、ガルバノメータ 7 によって一定の回転角の範囲内を一定の角速度で往復移動させられる（以下、振動という。）。反射鏡 6 から出射する光ビームは、反射鏡 6 の姿勢に応じて偏向する。反射鏡 6 は、ガルバノメータ 7 によって振動させられていないときには、光成形光学系 5 から射出された光ビームの進行方向を 90° 変化させ、アニール対象物 2 に対して、アニール対象物 2 の主面に垂直な方向から光ビームを照射する。

以下においては、ガルバノメータ 7 によって振動させられていないときの反射鏡 6 の位置を基準位置と称し、基準位置にある反射鏡 6 によって反射された光ビームの進行方向を基準方向 ϕ_0 と称する。そして、反射鏡 6 によって反射された光ビームの進行方向の基準方向 ϕ_0 に対する角度 ϕ を偏向角と称する。なお、偏向角は、反射鏡 6 の回転角の 2 倍となる。また、反射鏡 6 が基準位置から左回転した方向に位置しているときには、基準位置からの反射鏡 6 の回転角と当該反射鏡 6 によって反射された光ビームの偏向角を正の値と定義し、反射鏡 6 が基準位置から右回りの方向に位置しているときには、基準位置からの反射鏡 6 の回転角と当該反射鏡 6 によって反射された光ビームの偏向角を負の値と定義する。

ガルバノメータ 7 は回転軸 7 a を備えており、回転軸 7 a に反射鏡 6 が取り付けられている。ガルバノメータ 7 は、反射鏡 6 を、一定の回転角の範囲内を一定の角速度で、図 1 中矢印 H 方向に往復移動させる（以下、振動という。）。ガルバノメータ 7 が反射鏡 6 を振動させることで、固体レーザ 4 から射出された光ビームは、図 1 中矢印 A 方向に沿って偏向する。反射鏡 6 が振動することにより、固体レーザ 4 から射出された光ビームは、偏向角が所定の範囲内で周期的に変化し、スポット 2 a の中心は、図 2 に示すように、アニール対象物 2 上を所定の移動方向に所定の範囲 D... で往復移動する。D... は、反射鏡 6 の回転角が変動する範囲によって決定される。本例では、反射鏡 6 は、回転角が $-\alpha$ （但し、 $0 < \alpha$ ）の位置から $+\alpha$ の位置までの範囲を往復移動する。すなわち、スポット 2 a が往復移動する範囲 D... は、反射鏡 6 が回転角が $-\alpha$ （偏向角 -2α ）の位置から $+\alpha$ （偏向角 $+2\alpha$ ）の位置までの範囲を往復移動するときの、アニール

対象物 2 上におけるスポット 2 a の中心の軌跡の振幅を示す。

また、ガルバノメータ 7 が反射鏡 6 を一定の速度で振動するとともに、反射鏡 6 によって反射された光ビームが f θ レンズ 8 を介してアニール対象物 2 へ照射されることにより、アニール対象物 2 上のスポット 2 a の移動速度は一定になる。アニール対象物 2 上のスポット 2 a の移動速度が一定になることにより、図 3 に示すように、1 つのスポット 2 a とこのスポット 2 a に隣接する他のスポット 2 a とが重畳する面積が一定となる。すなわち、アニール対象物 2 に対する光ビームの照射回数のばらつきを抑えることが可能となる。

ガルバノメータ 7 が反射鏡 6 を一定の速度で振動させる具体的な方法としては、ガルバノメータ 7 に対して三角波電圧を印加する方法が挙げられる。

また、ガルバノメータ 7 に以下の式 3 1 に示す周波数の三角波電圧を印加し、且つ可動ステージ 3 を式 3 2 に示す速度で定速移動方向に移動させながらアニール対象物 2 に対して光ビームを照射することにより、レーザアニール装置 1 は、アニール対象物 2 に対する光ビームの照射回数のばらつきをさらに抑えることが可能となり、アニール対象物 2 を均一に照射することが可能となる。

$$f_{\text{galv}} = (F_{\text{rep}} \cdot W_x) / (2D) \quad \dots (31)$$

$$V_{\text{stage}} = (F_{\text{rep}} \cdot W_x \cdot W_y) / (i \cdot D) \quad \dots (32)$$

但し、 F_{rep} は固体レーザ 4 のパルス発振の繰り返し周波数であり、 W_x はアニール対象物 2 上に形成されるスポット 2 a の所定距離移動方向の長さであり、 W_y はアニール対象物 2 上に形成されるスポット 2 a の定速移動方向の長さであり、 i はカラム内におけるアニール対象物 2 に対する光ビームの平均照射回数であり自然数の偶数とされ、 D は、ガルバノメータ 7 が理想的に振動したときに被照射物上に形成される光ビームの中心の軌跡の振幅である。なお、カラムについては詳細を後述する。

ガルバノメータ 7 に印加する三角波電圧の周波数 f_{galv} を式 3 1 に示す周波数とすることにより、図 4 に示すように、スポット 2 a とこのスポット 2 a に隣接する他のスポット 2 a とは重畳しなくなる。また、ガルバノメータ 7 に印加する三角波電圧の周波数 f_{galv} を式 3 3 に示す周波数とすることにより、図 5 に示すように、スポット 2 a とこのスポット 2 a に隣接する他のスポット 2 a とが重畳

した部分の所定距離移動方向の長さは、 $W_x/2$ となる。

なお、ガルバノメータ 7 に以下の式 33 に示す周波数の三角波電圧を印加し、且つ可動ステージ 3 を式 34 に示す速度で定速移動方向に移動させながらアニール対象物 2 に対して光ビームを照射することによっても、レーザアニール装置 1 は、アニール対象物 2 に対する光ビームの照射回数のばらつきをさらに抑えることが可能となり、アニール対象物 2 を均一に照射することが可能となる。

$$f_{x, y, z} = (F_{rep} \cdot W_x) / (4D) \quad \dots (33)$$

$$V_{x, y, z} = (2 \cdot F_{rep} \cdot W_x \cdot W_y) / (i \cdot D) \quad \dots (34)$$

fθ レンズ 8 は、反射鏡 6 と可動ステージ 3 との間の光路上に設けられている。ガルバノメータ 7 によって反射鏡 6 を一定の角速度で振動させながら光ビームをアニール対象物 2 上に照射すると、反射鏡 6 の回転角の変化と、アニール対象物 2 上のスポット 2a の移動距離とが比例しないため、スポット 2a を一定の速度で移動させることが困難となる。反射鏡 6 によって反射された光ビームが fθ レンズ 8 を介してアニール対象物 2 に対して照射されることにより、反射鏡 6 の回転角の変化と、アニール対象物 2 上のスポット 2a の移動距離とが比例するため、ガルバノメータ 7 が反射鏡 6 を一定の角速度で振動させることにより、スポット 2a を一定の速度で移動させることが可能となる。

制御部 9 は、反射鏡 6 の回転角を検出し、検出した回転角に応じて固体レーザ 4 のパルスをオン又はオフとする。反射鏡 6 の回転角は、反射鏡 6 によって反射された光ビームの偏向角の $1/2$ である。したがって、反射鏡 6 の回転角を検出することで、反射鏡 6 によって反射された光ビームの偏向角を検出できる。すなわち、制御部 9 は、反射鏡 6 によって反射された光ビームの偏向角に応じて固体レーザ 4 のパルスをオン又はオフとしている。また、制御部 9 は、ステージ 3 に備えられたねじ送り式パルスモータとエアスライド式リニアモータとを制御することにより、ステージ 3 の定速移動方向への移動と所定距離移動方向への移動とを制御している。

以下では、制御部 9 が固体レーザ 4 のパルスをオン又はオフとするときの反射鏡 6 の具体的な回転角について説明する。

レーザアニール装置 1 では、アニール対象物 2 上におけるスポット 2a の移動

速度を一定とするために、可動ステージ 3 を定速移動方向へ定速移動させながら、ガルバノメータ 7 に三角波電圧を印加して反射鏡 6 を一定の速度で振動させる。

ところが実際には、反射鏡 6 の回転が右回りから左回りに変化するとき、及び左回りから右回りに変化するときには、イナーシャなどが原因で、図 6 に示すように、反射鏡 6 の回転は、回転方向の変化点近傍で鈍くなる。なお、図 6 中実線はガルバノメータ 7 に印加される三角波電圧の変化を示しており、図 6 中破線は反射鏡 6 の回転角を示す。図 6 の横軸は、時間を示しており、縦軸は三角波電圧の値又は回転軸 7 a の回転角を示している。

反射鏡 6 の回転が回転方向の変化点近傍で鈍くなると、アニール対象物 2 におけるスポット 2 a の移動方向の変化点 P 近傍では、図 7 に示すように、1 つのスポット 2 a と当該スポット 2 a に対して所定距離移動方向に隣接するスポット 2 a とが重畳する部分の面積が大きくなってしまう。したがって、アニール対象物 2 に対する光ビームの照射回数にばらつきが生じてしまう。また、アニール対象物 2 上に形成されるスポット 2 a の中心の軌跡の振幅は、D とはならず $D \dots$ となる。以上説明した理由により、制御部 9 がスポット 2 a の移動方向の変化点近傍で固体レーザー 4 のパルス発振をオフとすることによって、アニール対象物 2 に対する光ビームの照射回数のばらつきを低減することが可能となる。

すなわち、図 6 及び図 8 に示すように、反射鏡 6 の回転が鈍くなり始める角度 β (但し、 $0 < \beta < \alpha$) を求め、制御部 9 が、 $+\beta$ から $-\beta$ まで反射鏡 6 が回転している間に固体レーザー 4 のパルスをオンとすることにより、アニール対象物 2 に対する光ビームの照射回数のばらつきを低減することが可能となる。

制御部 9 によって、固体レーザー 4 のパルス発振を制御する方法は、以下に説明する通りとなる。

制御部 9 は、反射鏡 6 の回転が右回りから左回りに変化した後に反射鏡 6 の回転角が $+\beta$ となった旨を検出したときに固体レーザー 4 のパルスをオンとし、続いて反射鏡 6 の回転角が $-\beta$ となった旨を検出したときに固体レーザー 4 のパルスをオフとする。また、制御部 9 は、反射鏡 6 の回転が左回りから右回りに変化した後に反射鏡 6 の回転角が $-\beta$ となった旨を検出したときに固体レーザー 4 のパルスをオンとし、続いて反射鏡 6 の回転角が $+\beta$ となった旨を検出したときに固体レ

ーザ 4 のパルスをオフとする。したがって、反射鏡の回転角が $+\beta$ から $-\beta$ であるとき、すなわち、光ビームの偏向角が $+2\beta$ から -2β であるときに、アニール対象物 2 に対して光ビームが照射される。

制御部 9 が以上説明したようにレーザ光源 4 からのパルス発振を制御することにより、図 9 に示すように、アニール対象物 2 上の所定の範囲 D_{100} 内をスポットが往復移動するときには、移動方向の変化点 P 近傍に、スポット 2 a が生じなくなる。すなわち、1 つのスポット 2 a とこのスポット 2 a に対して所定距離移動方向に隣接する他のスポット 2 a とが重畳する部分の面積が大きくなる領域は形成されなくなる。

以上説明した、本発明が適用されたレーザアニール装置 1 の動作について説明する。なお、以下の説明では、レーザアニール装置 1 は、アニール対象物 2 の主面全体に対して光ビームを n 回（但し、 $n > 0$ 。）照射することによって、アニール対象物 2 をアニールしている。

可動ステージ 3 上にアニール対象物 2 が載置されると、ガルバノメータ 7 が式 3 1 に示す周波数又は式 3 3 に示す周波数で反射鏡 6 の振動を開始することにより、固体レーザを用いたレーザ光源 4 から射出された光ビームを所定距離移動方向に直線移動させ、スポット 2 a を、所定の範囲 D_{100} で繰り返し移動させる。また、可動ステージ 3 が、式 3 2 又は式 3 4 に示す速度で定速移動方向に定速移動することにより、スポット 2 a を、定速移動方向の一方の端部から他方の端部まで定速移動させる。

また、制御部 9 は反射鏡 6 の回転角を検出し、検出した回転角に応じてレーザ光源 4 のパルスのオン及びオフを制御する。具体的に説明すると、制御部 9 は、反射鏡 6 の回転角が $-\beta$ 以上 $+\beta$ 以下のときにはレーザ光源 4 のパルスをオンとし、 $-\beta$ 未満又は $+\beta$ より大のときにはパルスをオフとする。

以上説明した動作を行うことにより、アニール対象物 2 上のスポット 2 a の軌跡は、図 1 0 に示すように、三角波の尖端部が消失した形状となる。また、所定距離移動方向の長さが E であり、定速移動方向の長さがアニール対象物 2 の定速移動方向の長さとはほぼ同じである照射領域（以下、カラムという。）1 0 が形成される。なお、 E は、可動ステージ 3 が移動しない状態で反射鏡 6 が $+\beta$ から $-\beta$

β まで回転したときの、スポット 2 a の移動距離である。

そして、可動ステージ 3 は、定速移動方向への移動が終了すると、所定距離移動方向に $i E / n$ 移動する。

レーザアニール装置 1 では、カラム 10 の作製と、可動ステージ 3 が所定距離移動方向へ $i E / n$ 移動することとを交互に行うことにより、スポット 2 a を、例えば図 11 に示すように、アニール対象物 2 の全面に亘って移動させ、アニール対象物 2 の全体をアニールすることができる。なお、図 11 では、 $i = n$ の場合を例に挙げて、アニール対象物 2 上のスポット 2 a の動きを示している。

また、本発明が適用されたレーザアニール装置 1 は、カラム 10 を作製するときのアニール対象物 2 に対する光ビームの照射回数 i を一定としたときにも、可動ステージ 3 の所定距離移動方向への移動距離を制御することによって、アニール対象物 2 の主面全体に対する光ビームの照射回数 n を制御することができる。

例えば、 $i = 2$ のときを例に挙げると、 $n = 4$ とするためには、可動ステージ 3 の所定距離移動方向への移動距離を $E / 2$ として、図 12 に示すように、 $i = 2$ であるカラム 10 の作製と所定距離移動方向へ可動ステージ 3 が $E / 2$ 移動することとを交互に行う。また、 $n = 10$ とするためには、可動ステージ 3 の所定距離移動方向への移動距離を $E / 5$ として、図 13 に示すように $i = 2$ であるカラム 10 の作製と所定距離移動方向へ可動ステージ 3 が $E / 5$ 移動することとを交互に行う。なお、図 12 及び図 13 は、アニール対象物 2 における所定距離移動方向の位置と光ビームの照射回数との関係を模式的に示したものであり、図 12 及び図 13 中矢印 z 方向のマス目の数が光ビームの照射回数を示している。

以上説明したように、本発明を適用したレーザアニール装置 1 は、エネルギーが弱いために光ビームの光軸に垂直な断面のアスペクト比を小さくする必要がある固体レーザ 4 をレーザ光源として使用したときにも、アニール対象物 2 に対する光ビームの照射回数のばらつきを低減することが可能となり、アニール対象物 2 を充分であり且つ均一なエネルギーでアニールすることができる。

また、レーザアニール装置 1 では、 i を固定としたときにも、可動ステージ 3 が所定距離移動方向へ動く距離を変化させることにより、アニール対象物 2 全面に対する光ビームの照射回数 n を変化させることができる。したがって、レーザ

アニール装置 1 では、 n の値に拘わらず式 3 2 又は式 3 4 に示す V_{1000} を決定するパラメータのうちの 1 つである i を固定することができるため、 F_{1000} 、 W_{1000} 、 W_v をレーザアニール装置 1 特有の値とすれば V_{1000} が一つの値に決定する。すなわち、レーザアニール装置 1 は、可動ステージ 3 の定速移動方向への移動速度の精度と安定性を、決定した V_{1000} に対して高めるのみでよくなり、他の V_{1000} に対して高める必要がなくなるために、 V_{1000} の誤差を低減させることが可能となる。したがって、レーザアニール装置 1 によれば、可動ステージ 3 の定速移動方向への移動をむらの小さな一定速度で行うことが可能となり、アニール対象物 2 をさらに均一にアニールすることが可能となる。

以上説明したように、レーザアニール装置 1 では、射出する光ビームのエネルギーが安定である固体レーザ 4 をレーザ光源として使用し、固体レーザ 4 から射出される光ビームを当該光ビームの光軸に垂直な断面の面積が小さくなるように成形して、アニール対象物 2 に対して照射したときにも、アニール対象物 2 を均一に照射することが可能となる。したがって、レーザアニール装置 1 によってアモルファスシリコンをアニールすると、粒径が大きく且つ均一であり、電子やホールの移動度が高いポリシリコンを作製することが可能となる。ここで得られるポリシリコンを用いた薄膜トランジスタは、特性が安定したものとなる。

また、レーザアニール装置 1 は、レーザ光源として固体レーザ 4 を採用しているため、例えばガスの入れ換えなどのために動作を停止させる必要性がなくなる。したがって、レーザアニール装置 1 は、アニール対象物 2 をアニールする効率が良好なものとなる。

なお、アニール対象物 2 の周囲には、照射回数が n 回未満となりアニールが充分に行われない領域が生じる。しかし、通常、アニール対象物 2 の周囲の数 c m は使用しない。したがって、レーザアニール装置 1 が、充分にアニールされない領域が周囲の数 c m 内に形成されるようにアニール対象物 2 をアニールすることで、レーザアニール装置 1 によってアニールされた後のアニール対象物 2 は、充分に使用することが可能となる。

ところで、レーザアニール装置 1 では、可動ステージ 3 の所定距離移動方向への移動距離に誤差が生じたときには、1 つのカラム 1 0 と当該カラム 1 0 に隣接

しているカラム 10 とが重畳している部分（以下、重畳部分という。）の面積が、所望とする面積と比較して変化する。

重畳部分の面積が所望とする面積と比較して変化すると、アニール対象物 2 上には、重畳するカラム 10 の数が $n/i + 1$ 個となる領域や、重畳するカラム 10 の数が $n/i - 1$ 個となる領域などが生じる。重畳するカラム 10 の数が $n/i + 1$ 個の領域では照射回数が $n + i$ 回となり、重畳するカラム 10 の数が $n/i - 1$ 個の領域では照射回数が $n - i$ 回となる。したがって、可動ステージ 3 の所定距離移動方向への移動が精度良く行われなるときには、アニール対象物 2 に対する光ビームの照射回数に、 $\pm i$ 回の誤差が生じてしまう。

例えば、 $i = 2$ 、 $n = 4$ としたときには、可動ステージ 3 の所定距離移動方向への移動は $E/2$ となる。可動ステージ 3 の所定距離移動方向への移動が $E/2$ 未満となると、アニール対象物 2 上には、図 14 A 中に斜線で示すように、照射回数が 2 回となる領域が生じてしまう。一方、可動ステージ 3 の所定距離移動方向への移動が $E/2$ より大となると、アニール対象物 2 上には、図 14 B 中に斜線で示すように、照射回数が 6 回となる領域が生じてしまう。したがって、アニール対象物 2 上における光ビームの照射回数には、 ± 2 回の誤差が生じてしまう。なお、図 14 A 及び図 14 B は、アニール対象物 2 における所定距離移動方向の位置と光ビームの照射回数との関係を模式的に示したものであり、図中矢印 z 方向のマス目の数が光ビームの照射回数を示している。

可動ステージ 3 の所定距離移動方向への移動距離に誤差が生じたときにも、アニール対象物 2 上の照射回数の差を $\pm i$ 回よりも低減させる方法としては、以下に説明するように、制御部 9 が固体レーザー 4 のパルスオンとする位置と、オフとする位置とを異なる位置にする方法が挙げられる。

先ず、図 15 A～図 15 C に示すように、 γ （但し、 $\gamma < \beta$ ）を決定する。

そして、制御部 9 は、回転軸 7 a の回転が右回りから左回りに変化した後に回転軸 7 a の回転角が $+\gamma$ となった旨を検出したときには固体レーザー 4 のパルスオンとし、続いて回転軸 7 a の回転角が $-\beta$ となった旨を検出したときには固体レーザー 4 のパルスをオフとする。また、制御部 9 は、回転軸 7 a の回転が左回りから右回りに変化した後に回転軸 7 a の回転角が $-\gamma$ となった旨を検出したとき

には固体レーザー4のパルスをオンとし、続いて回転軸7aの回転角が $+\beta$ となった旨を検出したときには固体レーザー4のパルスをオフとする。

以上説明したように制御部9が固体レーザーのQスイッチを制御することにより、図15B、図15Cに示すように、光ビームが i 回照射された領域（以下、 i 回領域という。）31の所定距離移動方向の両端に、光ビームが $i/2$ 回照射された領域（以下、 $i/2$ 回領域という。）32a, 32bが形成される。

i 回領域31は、回転軸7aの回転角が -2γ から $+2\gamma$ であるときに光ビームが照射された領域である。

また、 $i/2$ 回領域32a, 32bの一方は回転軸7aの回転角が $+2\gamma$ から $+2\beta$ であるときに光ビームが照射された領域であり、他方は回転軸7aの回転角が -2β から -2γ であるときに光ビームが照射された領域である。

そして、 i 回領域31と一方の $i/2$ 回領域32aとを合わせた範囲をカラム33と設定し、カラム33の所定距離移動方向の長さ L_1 に基づいて、可動ステージ3を所定距離移動方向に移動させる。すなわち、可動ステージ3の所定距離移動方向への移動は、 iL_1/n となる。

以上説明したように制御部9が固体レーザー4のパルスのオン・オフを制御するときには、可動ステージ3の所定距離移動方向への移動距離が iL_1/n より長くなることにより、重畳するカラム33の数が $n/i+1$ 個とされた領域では照射回数が $n+i/2$ 回となる。さらに、可動ステージ3の所定距離移動方向への移動距離が iL_1/n 未満となることによって、重畳するカラム33の数が $i-1$ 個とされた領域では、照射回数が $n-i/2$ 回となる。したがって、アニール対象物2全体に対する光ビームの照射回数 n に対する誤差を、 $\pm i/2$ 回に低減することが容易となる。

例えば、ガルバノメータ7に印加する三角波電圧が式33で示される周波数であり且つ $i=2$ であるときには、図16に示すように、照射回数が2回の領域35の所定距離移動方向の両端に、照射回数が1回の領域36a, 36bが形成される。そして、照射回数が2回の領域35と照射回数が1回の領域36aとをカラム40とする。

以上説明した条件で、例えば $n=4$ としたときには、可動ステージ3の所定距

離移動方向への移動距離は、 $L_1/2$ となる。可動ステージ3の所定距離移動方向への移動距離が $L_1/2$ 未満となると、図17A中に斜線で示すように、アニール対象物2上に照射回数が3回となる領域が生じる。一方、可動ステージ3の所定距離移動方向への移動距離が $L_1/2$ より大となると、図17B中に斜線で示すように、アニール対象物2上に照射回数が5回となる領域が生じる。したがって、アニール対象物2に対する光ビームの照射回数の誤差は±1回となる。なお、図17A及び図17Bは、アニール対象物2における所定距離移動方向の位置と光ビームの照射回数との関係を模式的に示した図であり、図中矢印z方向のマス目の数が光ビームの照射回数を示している。

レーザアニール装置1は、以上説明したように制御部9がパルスのオン又はオフを制御するとともに $i=2$ とすることにより、アニール対象物2に対する照射回数の誤差を±1回とすることが可能となり、照射回数の誤差を低減することが可能となる。

また、レーザアニール装置1は、 $i=2$ としたときにも、所定距離移動方向への可動ステージ3の移動距離を制御することによって、アニール対象物2の主面全体に対する光ビームの照射回数を変化させることが可能となる。 $i=2$ としたときには、可動ステージ3の所定距離移動方向への移動距離は、 $2L_1/n$ となる。すなわち、 $n=20$ のときには、可動ステージ3の所定距離移動方向への移動距離を $L_1/10$ とすることにより、アニール対象物2の主面全体に対する光ビームの照射回数を、20回とすることが可能となる。

したがって、本発明が適用されたレーザアニール装置1では、 i を最小値の2としてアニール対象物2をアニールすることが好ましい。レーザアニール装置1は、以上説明したように制御部9がパルスのオン又はオフを制御するとともに $i=2$ とすることにより、可動ステージ3の所定距離移動方向の移動距離に誤差が生じたときにも、アニール対象物2に対する光ビームの照射回数の誤差を±1に抑えることが可能となる。

なお、 γ は、例えば、 i 回領域31の所定距離移動方向の長さ、 $i/2$ 回領域32a、32bの所定距離移動方向の長さとの比から決定される。例えば、 i 回領域31の所定距離移動方向の長さ、一方の $i/2$ 回領域32aの長さとの比

がRであるときには、 $2\beta/\gamma = R$ を解くことによって γ を決定する。

なお、制御部9によるパルスのオン及びオフの制御は、以上説明した方法に限定されない。例えば、制御部9は、回転軸7aの回転が右回りから左回りに変化した後に回転軸7aの回転角が $+\beta$ となった旨を検出したときに固体レーザ4のパルスをオンとし、続いて回転軸7aの回転角が $-\gamma$ となった旨を検出したときに固体レーザ4のパルスをオフとするとともに、回転軸7aの回転が左回りから右回りに変化した後に回転軸7aの回転角が $-\beta$ となった旨を検出したときに固体レーザ4のパルスをオンとし、続いて回転軸7aの回転角が $+\gamma$ となった旨を検出したときに固体レーザ4のパルスをオフとしてもよい。

ところで、以上説明した方法によってアニール対象物2上の照射回数の差を低減させる方法は、 i が偶数のときに有効となる。以下では、レーザアニール装置1によって、 n を奇数としたときにもアニール対象物2上の照射回数の差を低減させることが可能となるように、 $i = 3$ であり且つ照射回数の誤差を低減することが可能であるカラムを作製する方法について説明する。

まず、ガルバノメータ7に印加する三角波電圧の周波数 f_{galv} を以下の式35で示すような、式31で示された周波数を $2/3$ 倍した周波数とする。

$$f_{galv} = (F_{rep} \cdot W_x) / (3D) \quad \dots (35)$$

ガルバノメータ7に印加する三角波電圧の周波数 f_{galv} を式35に示す周波数とすることにより、スポット2aとこのスポット2aと隣接する他のスポット2aとが重疊した部分の所定距離移動方向の長さは、図18に示すように、 $W_x/3$ となる。

また、反射鏡6の回転角が $+\gamma$ から $+\beta$ の間に照射される領域における所定距離移動方向の長さ、及び反射鏡6の回転角が $-\beta$ から $-\gamma$ の間に照射される領域における所定距離移動方向の長さが $1/3 W_x$ となるように、 γ を決定する。

さらに、可動ステージ3の定速移動方向への移動速度 V_{stage} を、以下の式36に示す速度とする。

$$V_{stage} = (F_{rep} \cdot W_x \cdot W_y) / (3D) \quad \dots (36)$$

なお、式35に示すように、ガルバノメータ7に印加する三角波電圧の周波数は、式31で示された周波数 f_{rep} を $2/3$ 倍することによる補正がなされてい

る。したがって、可動ステージ 3 の定速移動方向への移動速度 $V_{1,1,1,1}$ についても、式 33 に $i = 3$ を代入したものではなく、補正されたものとなる。

以上説明したように $f_{1,1,1,1}$ 、 γ 、 $V_{1,1,1,1}$ を設定してレーザアニール装置 1 を動作させると、図 19 A に示すように、スポット 2 a と当該スポット 2 a に隣接するスポット 2 a とが重畳する部分の所定距離移動方向の長さが $W_1/3$ の状態で、スポット 2 a が所定距離移動方向の一端から他端まで移動することと、図 19 B に示すように、スポット 2 a とこのスポット 2 a に隣接する他のスポット 2 a とが重畳する部分の所定距離移動方向の長さが $W_1/3$ の状態で、所定距離移動方向の一端から他端までスポット 2 a が移動することとが交互に行われる。

そして、図 19 C に示すように、光ビームの照射回数が 3 回である領域（以下、3 回領域という。）51 の所定距離移動方向の一端に、光ビームの照射回数が 2 回である領域（以下、2 回領域という。）52 a と、光ビームの照射回数が 1 回である領域（以下、1 回領域という。）53 a とが順次形成されるとともに、3 回領域 51 の所定距離移動方向の他端に、2 回領域 52 b と、1 回領域 53 b とが順次形成される。なお、2 回領域 52 a、1 回領域 53 a、2 回領域 52 b、1 回領域 53 b は、それぞれ同じ幅となる。

次に、3 回領域 51、一方の 2 回領域 52 a、及び一方の 1 回領域 53 a をカラム 60 と考えて、カラム 60 の所定距離移動方向の長さ L_2 に基づいて、可動ステージ 3 を所定距離移動方向に移動させる。すなわち、可動ステージ 3 の所定距離移動方向への移動は、 $i L_2/n$ となる。

以上説明した $i = 3$ であるカラム 60 の形成と、 $i = 2$ であるカラム 40 の形成とを組み合わせることにより、照射回数 n をどのような奇数に設定することも可能となる。但し、 $L_1 = L_2$ でなくてはならない。

例えば、 $n = 5$ とするときには、図 20 に示すように、カラム 60 を作製した後に、可動ステージ 3 を所定距離移動方向に $3 L_2/4$ 移動させることと、カラム 40 を作製した後に可動ステージ 3 を所定距離移動方向に $L_1/4$ 移動させることを交互に行う。

また、 $n = 7$ とするときには、図 21 に示すように、第 1 のステップとしてカラム 60 を作製した後に可動ステージ 3 を所定距離移動方向に $3 L_2/8$ 移動させ、

第2のステップとしてカラム40を作製した後に可動ステージ3を所定距離移動方向に $L_1/4$ 移動させ、第3のステップとしてカラム40を作製した後に可動ステージ3を所定距離移動方向に $3L_1/8$ 移動させる。そして、第1のステップと、第2のステップと、第3のステップとを順次繰り返す。

以上説明したように、 $i=3$ のカラム60を作製することにより、 n を奇数としたときにも、可動ステージ3が所定距離移動方向へ移動するときの移動距離が所望の距離よりも短く隣接するカラムと重畳する面積が増えるときには、照射回数の誤差が+1回となり、可動ステージ3が所定距離移動方向へ移動するときの移動距離が所望の距離よりも短く隣接するカラムと重畳する面積が減るときには、照射回数の誤差が-1回となる。

例えば、図20に示す方法で $n=5$ とするときには、カラム60を作製した後の可動ステージ3の所定距離移動方向への移動が $3L_2/4$ 未満となると、図22A中に斜線で示すように、照射回数が4回となる領域が生じる。一方、可動ステージ3の所定距離移動方向への移動が $3L_2/4$ より大となると、図22B中に示すように、照射回数が6回となる領域が生じる。したがって、誤差は±1回となる。

すなわち、以上説明したように $i=3$ のカラム60を作製することにより、アニール対象物2上に照射される光ビームの照射回数 n を奇数としたときにも、アニール対象物2に対する光ビームの照射回数の誤差を、±1回に低減することが可能となる。

なお、図20、図21、図22は、アニール対象物2における所定距離移動方向の位置と光ビームの照射回数との関係を模式的に示したものであり、図中矢印 z 方向のマスの数が光ビームの照射回数を示している。

なお、本発明は、図面を参照して説明した上述の実施例に限定されるものではなく、添付の請求の範囲及びその主旨を逸脱することなく、様々な変更、置換又はその同等のものを行うことができることは当業者にとって明らかである。

本発明は、エネルギーが弱いために光軸に垂直な断面のアスペクト比を低くした光ビームを、偏向しながら被照射物に対して照射したときにも、被照射物に対する光ビームの照射回数のばらつきを低減することができる。したがって、本発明に係る照射装置は、レーザ光源として、出射される光ビームのエネルギーが弱いものの安定である固体レーザを使用することが可能となり、被照射物を充分であり且つ均一なエネルギーで照射することができる。

また、本発明は、第1の制御により形成される照射領域内を光ビームが照射する回数を固定したときにも、第2の制御における可動ステージの移動距離を制御することによって、被照射物に対する光ビームの照射回数を制御することが可能となる。したがって、第1の制御において可動ステージの第1の方向の移動速度を決定するパラメータの1つを固定とすることができるため、可動ステージが第1の方向へ移動するときの移動速度の誤差を低減することが可能となる。すなわち、本発明に係る照射装置は、被照射物に対する光ビームの照射回数のばらつきを低減することが可能となる。

したがって、本発明を用いてアモルファスシリコンをアニールすると、粒径が大きく且つ均一であり、電子やホール移動度が高いポリシリコンを作製することが可能となり、このポリシリコンを用いた薄膜トランジスタの特性を安定化することができる。

請求の範囲

1. 光ビームを射出するレーザ光源と、

平板状の被照射物を支持するステージと、

偏向角を一定の範囲内で周期的に変化させながら入射した光ビームを偏向する偏向手段を有し、上記レーザ光源から射出された光ビームを導光し、上記光ビームを上記被照射物の主面に対して沿った第1の方向に沿って走査させながら上記主面に対し照射する照射手段と、

上記光ビームの偏向角に応じて、上記レーザ光源からの光ビームの射出を制御する射出制御手段と、

上記射出制御手段により制御された上記光ビームを上記被照射物の主面に対して上記第1の方向に走査させながら照射するとともに、上記第1の方向と上記被照射物の主面に沿って直交する第2の方向へ、上記ステージを上記照射手段に対して相対移動させる第1の制御手段と、

上記第1の制御手段による制御の後に上記ステージを上記照射手段に対して上記第1の方向に相対移動させる制御を行う第2の制御手段とを備え、

上記第2の制御手段により制御がなされた上記第1の方向に沿った互いに異なる複数の位置において、上記第1の制御手段により制御がなされた照射を上記被照射物の同一被照射面にそれぞれ行い、上記被照射物の略全ての被照射面は、上記異なる複数の位置における上記第1の制御手段による光ビームの照射が行われることを特徴とする光照射装置。

2. 上記レーザ光源は、パルス発振することを特徴とする請求の範囲第1項記載の光照射装置。

3. 上記射出制御手段は、上記偏向角が第1の極値となってから θ_1 となったときに上記レーザ光源からの光ビームパルス発振を開始し、続いて θ_2 となったときに上記レーザ光源からのパルス発振を停止する第1の制御と、上記偏向角が第2の極値となってから θ_1 となったときに上記レーザ光源からのパルス発振を開始し、続いて θ_2 となったときに上記レーザ光源からのパルス発振を停止する第2の制御とを交互に行うことを特徴とする請求の範囲第1項記載の光照射装置。

4. 上記 θ_1 と上記 θ_2 とは等しく且つ上記 θ_1 と上記 θ_2 とは等しいことを特徴とする請求の範囲第3項記載の光照射装置。

5. 上記 θ_1 は上記 θ_2 よりも上記第1の極値に近い値であり、且つ上記 θ_1 は上記 θ_2 よりも上記第2の極値に近い値であることを特徴とする請求の範囲第3項記載の光照射装置。

6. 上記偏向手段は、以下の式1に示す周波数 f_{rel} で上記光ビームを偏向し、上記可動ステージは、以下の式2に示す速度 V_{rel} で第1の方向へ移動することを特徴とする請求の範囲第5項記載の光照射装置。

$$f_{rel} = (F_{rep} \cdot W_x) / (2D) \quad \dots (1)$$

$$V_{rel} = (F_{rep} \cdot W_x \cdot W_y) / (2D) \quad \dots (2)$$

(但し、 F_{rep} はレーザ光源のパルス発振の繰り返し周波数であり、 W_x は被照射物上に形成されるスポットの第1の方向に沿った長さであり、 W_y は被照射物上に形成されるスポットの第2の方向に沿った長さであり、 D はレーザ光源から射出された光ビームが理想的に偏向されたときに被照射物上に形成される光ビームの中心の軌跡の振幅である。)

7. 上記射出制御手段は、上記偏向角が θ_1 から θ_2 の光ビームが照射されることで形成される第1の照射領域の第1の方向に沿った長さと、上記偏向角が θ_1 から θ_2 の光ビームが照射されることで形成される第2の照射領域の第1の方向に沿った長さを一致させ、且つ上記第1の照射領域と上記第2の照射領域との第1の方向に沿ったずれの長さを $W_x/3$ とし、

上記偏向手段は、以下の式3に示す周波数 f_{rel} で光ビームを偏向し、

上記可動ステージは、以下の式4に示す速度 V_{rel} で、上記被照射物を、第1の方向へ移動することを特徴とする請求の範囲第5項記載の光照射装置。

$$f_{rel} = (F_{rep} \cdot W_x) / (3D) \quad \dots (3)$$

$$V_{rel} = (F_{rep} \cdot W_x \cdot W_y) / (3D) \quad \dots (4)$$

8. 上記 θ_1 は上記 θ_2 よりも上記第1の極値に近い値であり、且つ上記 θ_1 は上記 θ_2 よりも上記第2の極値に近い値であることを特徴とする請求の範囲第3項記載の光照射装置。

9. 上記偏向手段は、以下の式5に示す周波数 f_{rel} で上記光ビームを偏向し、

上記可動ステージは、以下の式6に示す速度 V_{stage} で第1の方向へ移動することを特徴とする請求の範囲第8項記載の光照射装置。

$$f_{tilt} = (F_{rep} \cdot W_x) / (2D) \quad \dots (5)$$

$$V_{stage} = (F_{rep} \cdot W_x \cdot W_y) / (2D) \quad \dots (6)$$

10. 上記制御手段は、上記偏向角が θ_1 から θ_2 の光ビームが照射されることで形成される第1の照射領域の第1の方向に沿った長さ、と、上記偏向角が θ_1 から θ_2 の光ビームが照射されることで形成される第2の照射領域の第1の方向に沿った長さを一致させ、且つ上記第1の照射領域と上記第2の照射領域との第1の方向に沿ったずれの長さを $W_x/3$ とし、

上記偏向手段は、以下の式7に示す周波数 f_{tilt} で光ビームを偏向し、

上記可動ステージは、以下の式8に示す速度 V_{stage} で、上記被照射物を第1の方向へ移動させることを特徴とする請求の範囲第8項記載の光照射装置。

$$f_{tilt} = (F_{rep} \cdot W_x) / (3D) \quad \dots (7)$$

$$V_{stage} = (F_{rep} \cdot W_x \cdot W_y) / (3D) \quad \dots (8)$$

11. 上記偏向手段は、ガルバノメータであることを特徴とする請求の範囲第1項記載の光照射装置。

12. 上記第1の制御手段は、上記ステージを上記被照射物に対して第2の方向へ移動させるリニアモータを備えていることを特徴とする請求の範囲第1項記載の光照射装置。

13. 上記第2の制御手段は、上記ステージを上記被照射物に対して第1の方向へ移動するためのパルスモータを備えることを特徴とする請求の範囲第1項記載の光照射装置。

14. 上記レーザー光源は、固体レーザーであることを特徴とする請求の範囲第1項記載の光照射装置。

15. 光ビームを射出するレーザー光源と、

平板状の被照射物を支持し、上記被照射物の主面に平行な方向に当該被照射物を移動させる可動ステージと、

偏向角を一定の範囲内で周期的に変化させながら入射した光ビームを偏向する偏向手段を有し、上記レーザー光源から射出された光ビームを導光し、上記光ビー

ムを上記被照射物の主面に対して沿った第 1 の方向に沿って走査させながら上記主面に対し照射する照射手段と、

上記光ビームの偏向角に応じて、上記レーザ光源からの光ビームの射出を制御する射出制御手段と

を備えることを特徴とする光照射装置。

16. 光ビームを射出するレーザ光源と、

平板状の被照射物を支持する可動ステージと、

偏向角を一定の範囲内で周期的に変化させながら入射した光ビームを偏向する偏向手段を有し、上記レーザ光源から射出された光ビームを導光し、上記光ビームを上記被照射物の主面に対して沿った第 1 の方向に沿って走査させながら上記主面に対し照射する照射手段と、

上記射出制御手段により制御された上記光ビームを上記被照射物の主面に対して上記第 1 の方向に走査させながら照射するとともに、上記第 1 の方向と上記被照射物の主面に沿って直交する第 2 の方向へ、上記ステージを上記照射手段に対して相対移動させる第 1 の制御手段と、

上記第 1 の制御手段による制御の後に上記ステージを上記照射手段に対して上記第 1 の方向に相対移動させる制御を行う第 2 の制御手段とを備え、

上記第 2 の制御手段により制御がなされた上記第 1 の方向に沿った互いに異なる複数の位置において、上記第 1 の制御手段により制御がなされた照射を上記被照射物の同一被照射面にそれぞれ行い、上記被照射物の略全ての被照射面は、上記異なる複数の位置における上記第 1 の制御手段による制御がなされていることを特徴とする光照射装置。

17. レーザ光源が光ビームを射出する射出ステップと、

偏向角を一定の範囲内で周期的に変化させながら入射した光ビームを偏向する偏向ステップを有し、上記レーザ光源から射出された光ビームを導光し、上記光ビームを上記被照射物の主面に対して沿った第 1 の方向に沿って走査させながら上記主面に対し照射する照射ステップと、

上記光ビームの偏向角に応じて、上記レーザ光源からの光ビームの射出を制御する射出制御ステップと、

上記射出制御ステップにおいて射出が制御された上記光ビームを、上記被照射物の主面に対して上記第 1 の方向に走査させながら照射するとともに、上記第 1 の方向と上記被照射物の主面に沿って直交する第 2 の方向へ、上記被照射物を、上記照射ステップにおいて上記主面に対して照射された光ビームに対して相対移動させる第 1 の制御ステップと、

上記第 1 の制御ステップにおける制御の後に、上記被照射物を、上記照射ステップにおいて上記主面に対して照射された光ビームに対して相対移動させる第 2 の制御ステップとを備え、

上記第 2 の制御ステップにおいて制御がなされた上記第 1 の方向に沿った互いに異なる複数の位置において、上記第 1 の制御ステップにおいて制御がなされた照射を上記被照射物の同一被照射面にそれぞれ行い、上記被照射物の略全ての被照射面は、上記異なる複数の位置における上記第 1 の制御ステップによる光ビームの照射がなされていることを特徴とする光照射方法。

18. 上記射出ステップでは、レーザ光源が光ビームをパルス発振することを特徴とする請求の範囲第 17 項記載の光照射方法。

19. 上記射出制御ステップでは、偏向角が第 1 の極値となってから上記偏向角が θ_1 となったときに上記レーザ光源からのパルス発振を開始し、続いて上記偏向角が θ_2 となったときに上記レーザ光源からのパルス発振を停止する第 1 の制御と、上記偏向角が第 2 の極値となってから上記偏向角が θ_1 となったときに上記レーザ光源からのパルス発振を開始し、続いて上記偏向角が θ_2 となったときに上記レーザ光源からのパルス発振を停止する第 2 の制御とを交互に行うことを特徴とする請求の範囲第 18 項記載の光照射方法。

20. 上記 θ_1 と上記 θ_2 とは等しく且つ上記 θ_1 と上記 θ_2 とは等しいことを特徴とする請求の範囲第 19 項記載の光照射方法。

21. 上記 θ_1 は上記 θ_2 よりも上記第 1 の極値に近い値であり、且つ上記 θ_2 は上記 θ_1 よりも第 2 の極値に近い値であることを特徴とする請求の範囲第 19 項記載の光照射方法。

22. 上記 θ_2 は上記 θ_1 よりも第 1 の極値に近い値であり、且つ上記 θ_1 は上記 θ_2 よりも第 2 の極値に近い値であることを特徴とする請求の範囲第 19 項記載の光

照射方法。

23. レーザ光源が光ビームを射出する射出ステップと、

平板状の被照射物を、当該被照射物の主面に平行な方向に移動させる移動ステップと、

偏向角を一定の範囲内で周期的に変化させながら入射した光ビームを偏向する偏向手段を有し、上記レーザ光源から射出された光ビームを導光し、上記光ビームを上記被照射物の主面に対して沿った第1の方向に沿って走査させながら上記主面に対し照射する照射ステップと、

上記光ビームの偏向角に応じて、上記レーザ光源からの光ビームの射出を制御する射出制御ステップと

を備えることを特徴とする光照射方法。

24. レーザ光源が光ビームを射出する射出ステップと、

偏向角を一定の範囲内で周期的に変化させながら入射した光ビームを偏向する偏向ステップを有し、上記レーザ光源から射出された光ビームを導光し、上記光ビームを上記被照射物の主面に対して沿った第1の方向に沿って走査させながら上記主面に対し照射する照射ステップと、

上記射出制御ステップにおいて射出が制御された上記光ビームを、上記被照射物の主面に対して上記第1の方向に走査させながら照射するとともに、上記第1の方向と上記被照射物の主面に沿って直交する第2の方向へ、上記被照射物を、上記照射ステップにおいて上記主面に対して照射された光ビームに対して相対移動させる第1の制御ステップと、

上記第1の制御ステップにおける制御の後に、上記被照射物を、上記照射ステップにおいて上記主面に対して照射された光ビームに対して相対移動させる第2の制御ステップとを備え、

上記第2の制御ステップにおいて制御がなされた上記第1の方向に沿った互いに異なる複数の位置において、上記第1の制御ステップにおいて制御がなされた照射を上記被照射物の同一被照射面にそれぞれ行い、上記被照射物の略全ての被照射面は、上記異なる複数の位置における上記第1の制御ステップによる光ビームの照射がなされていることを特徴とする光照射方法。

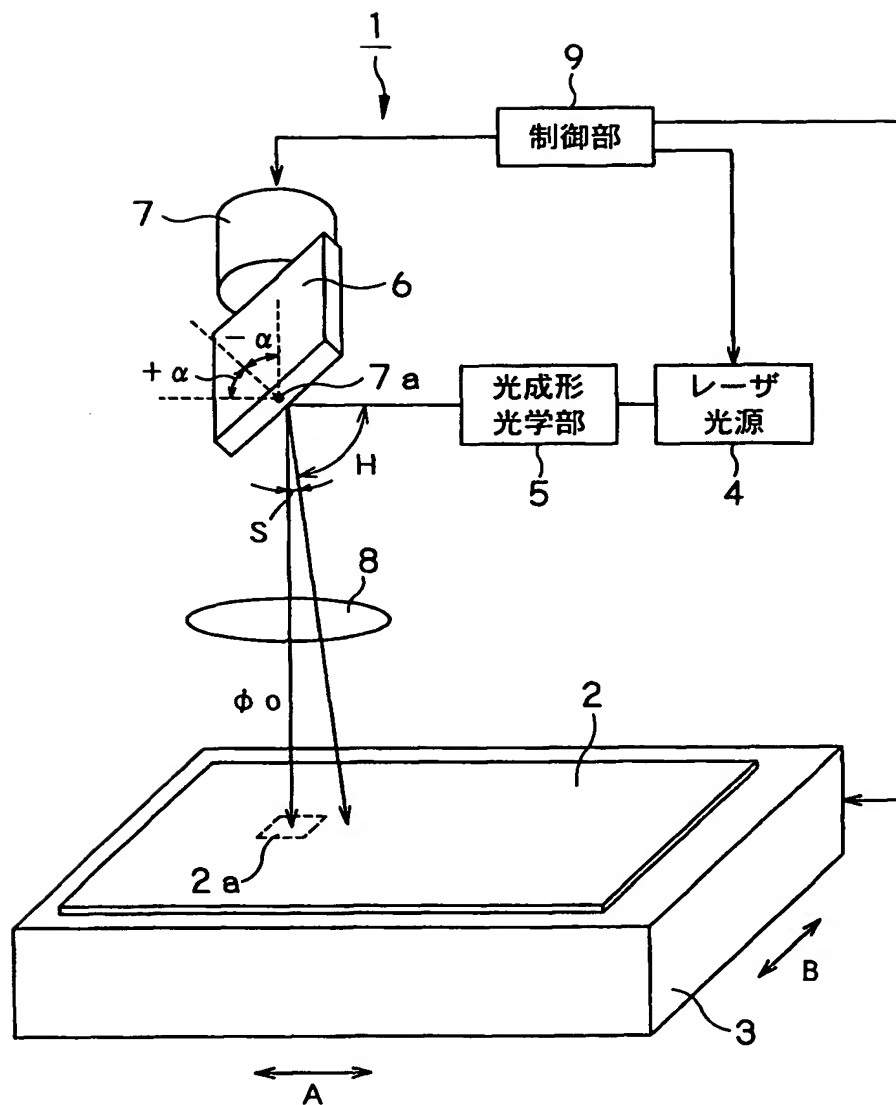


FIG. 1

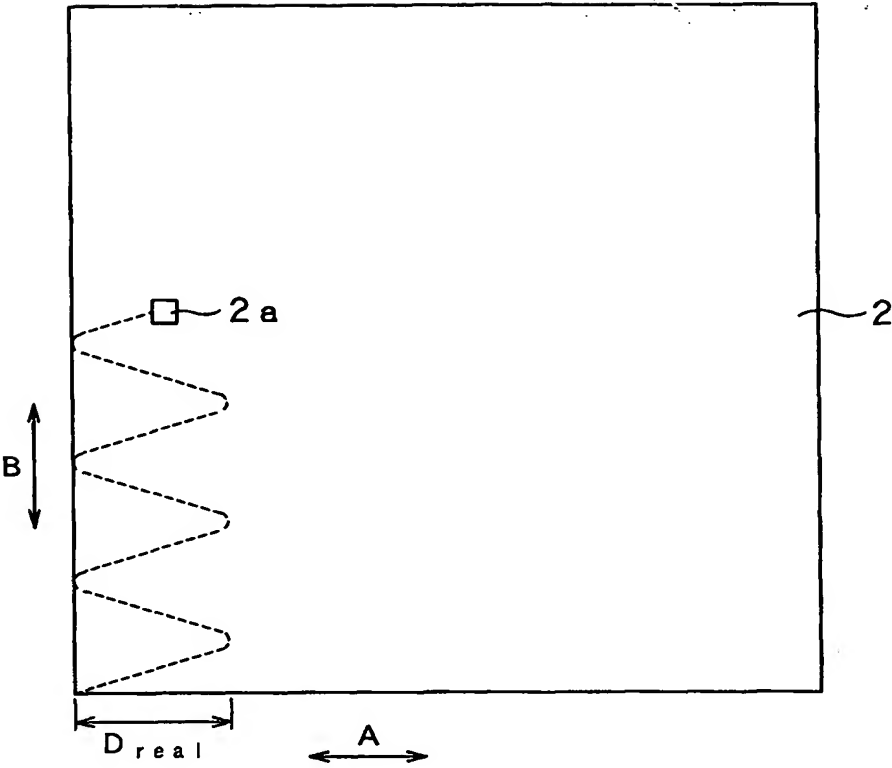


FIG. 2

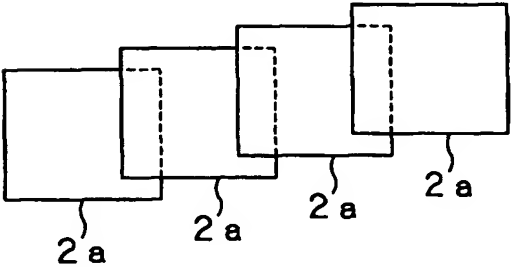


FIG. 3

3/15

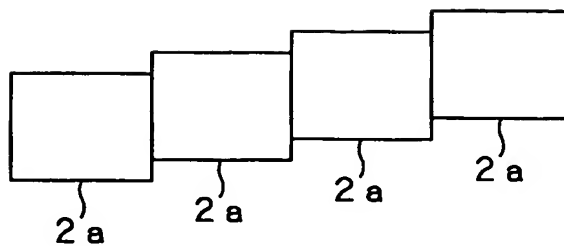


FIG. 4

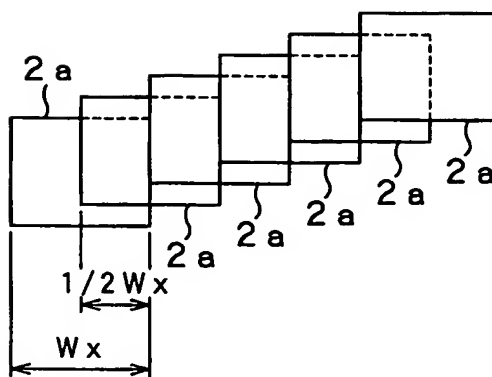


FIG. 5

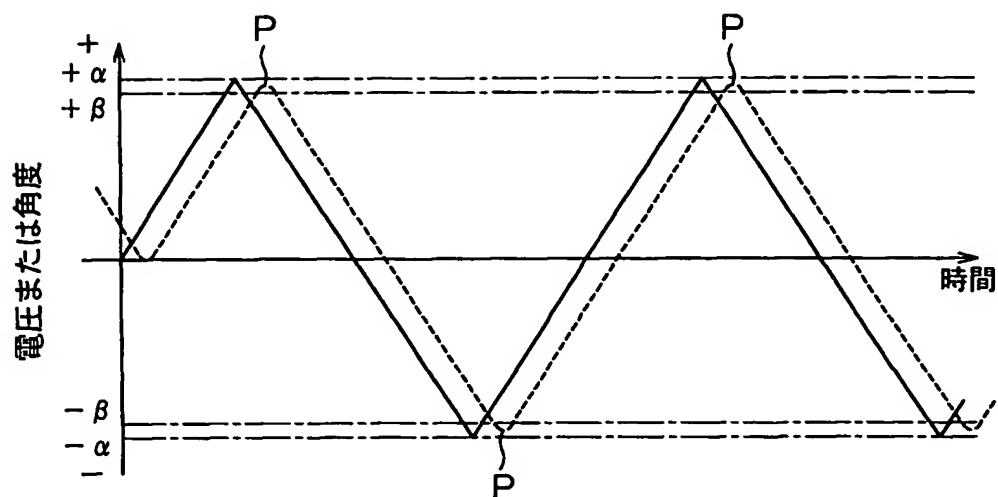


FIG.6

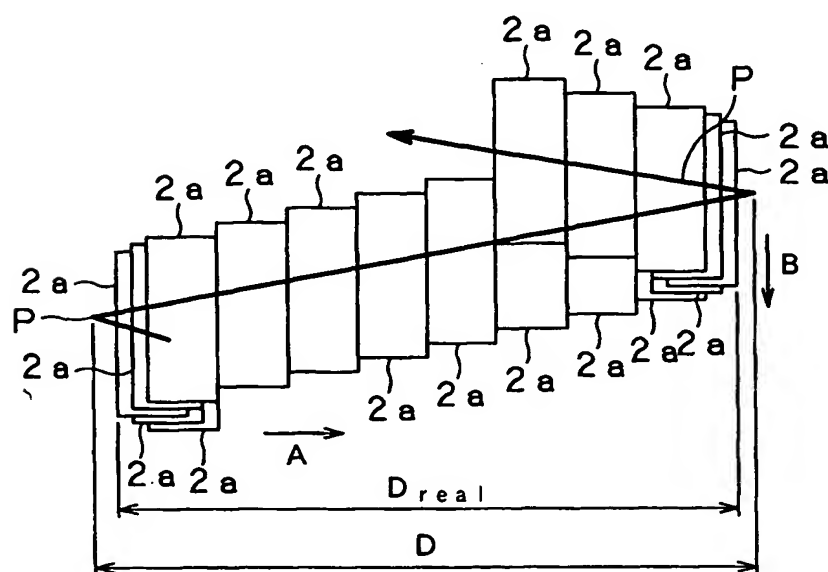


FIG.7

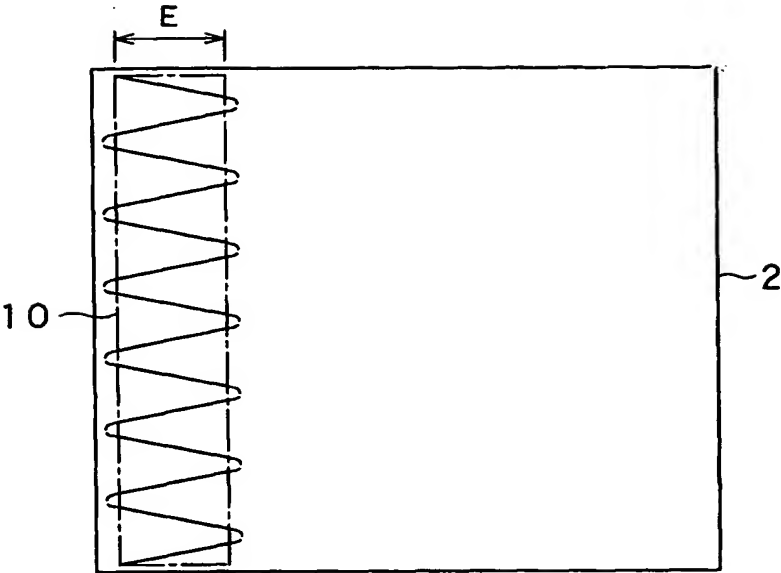


FIG. 10

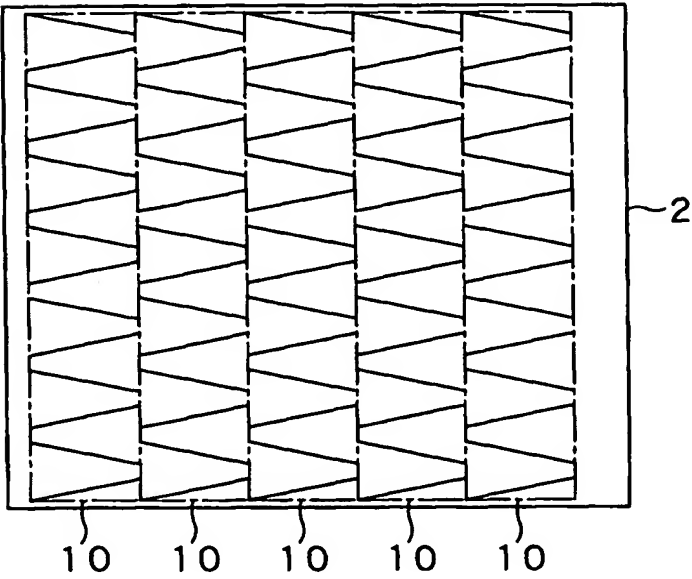


FIG. 11

7/15

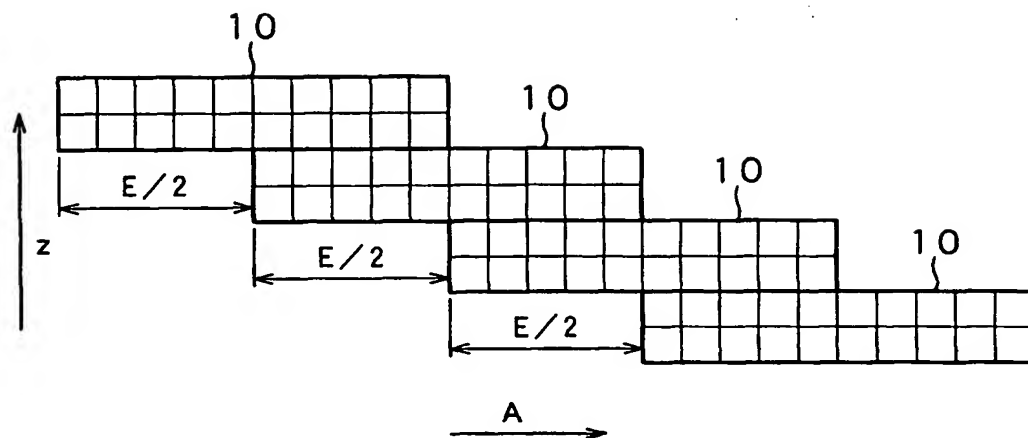


FIG. 1 2

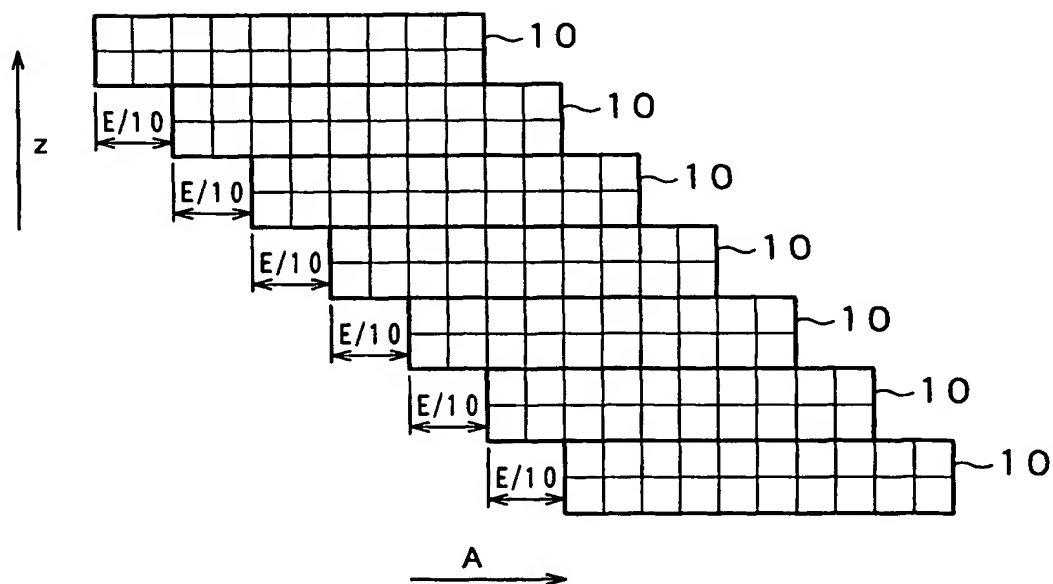


FIG. 1 3

8/15

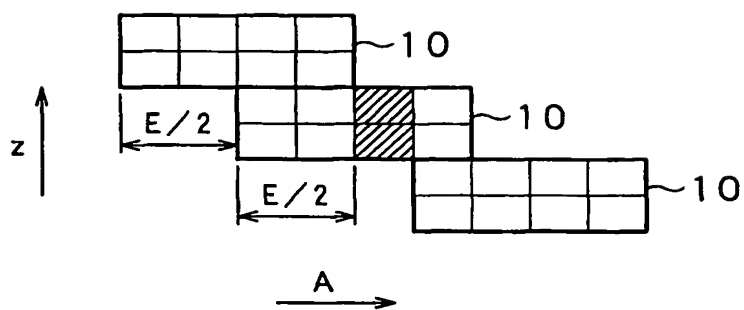


FIG. 14A

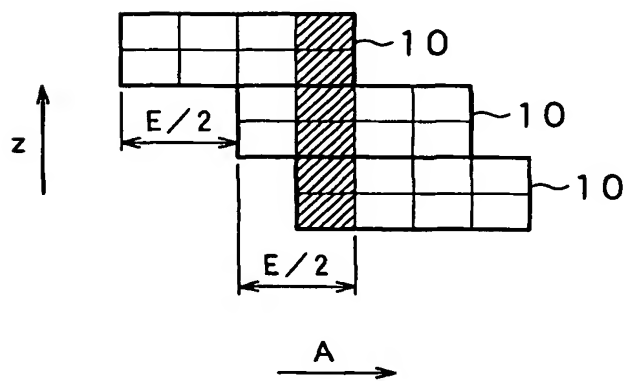


FIG. 14B

10/15

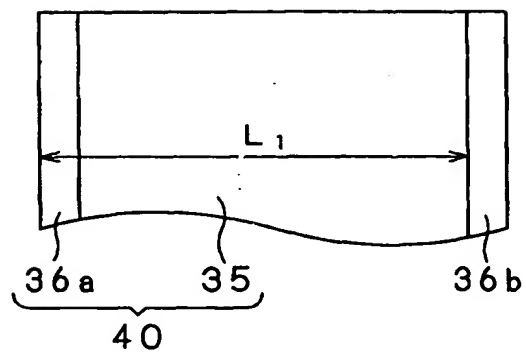


FIG. 16

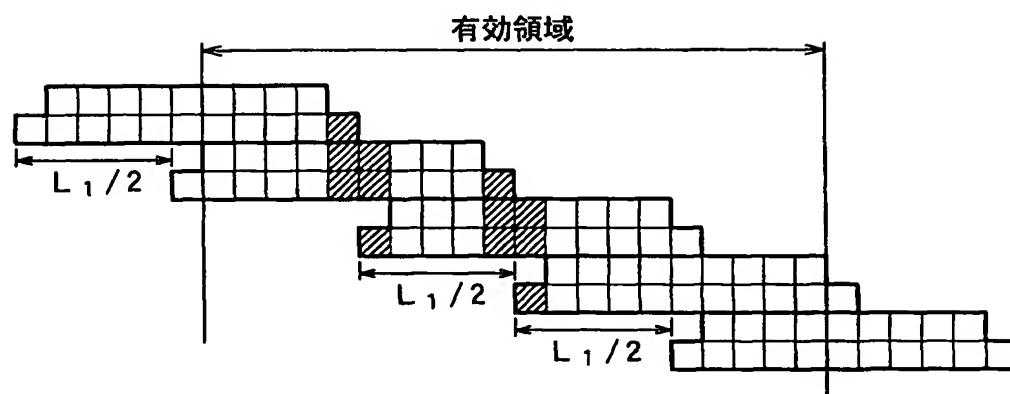


FIG. 17A

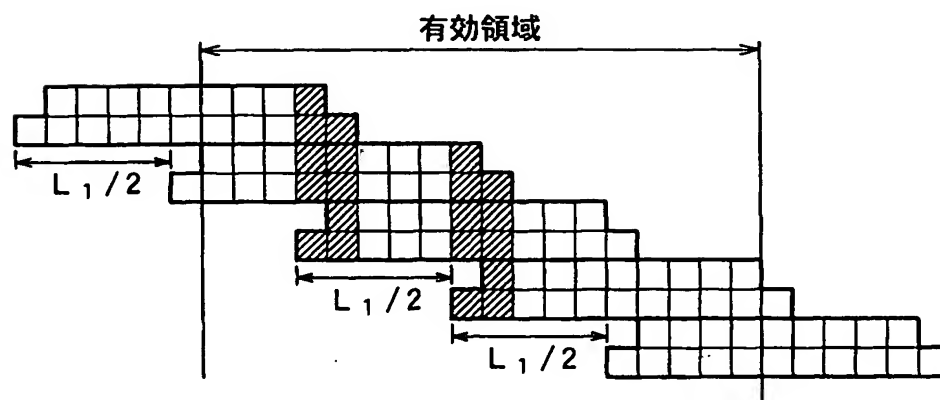


FIG. 17B

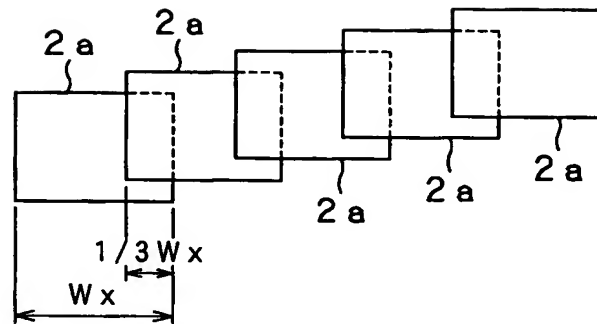


FIG. 18

FIG.19A

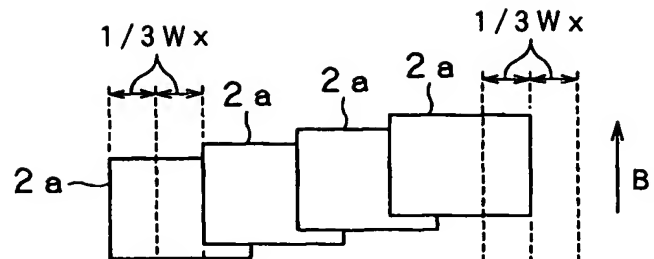


FIG.19B

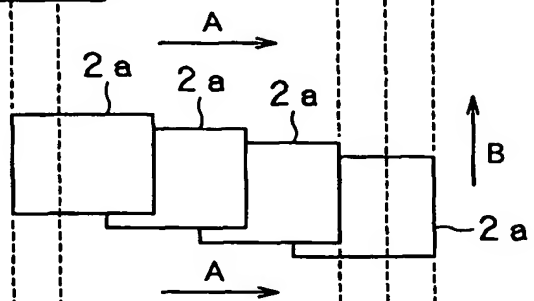
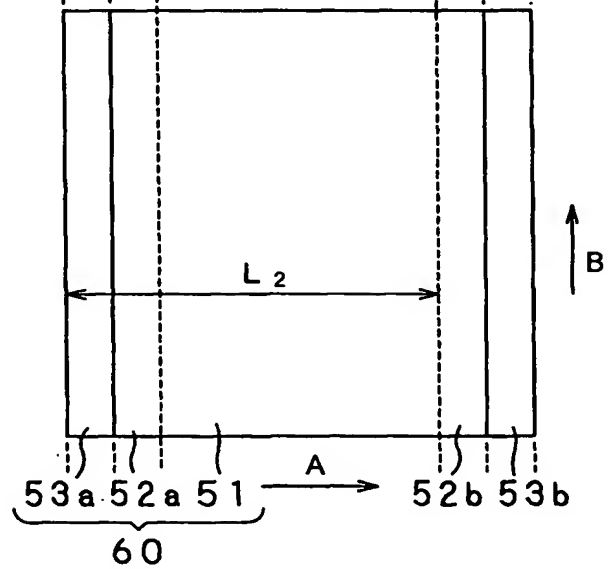


FIG.19C



13/15

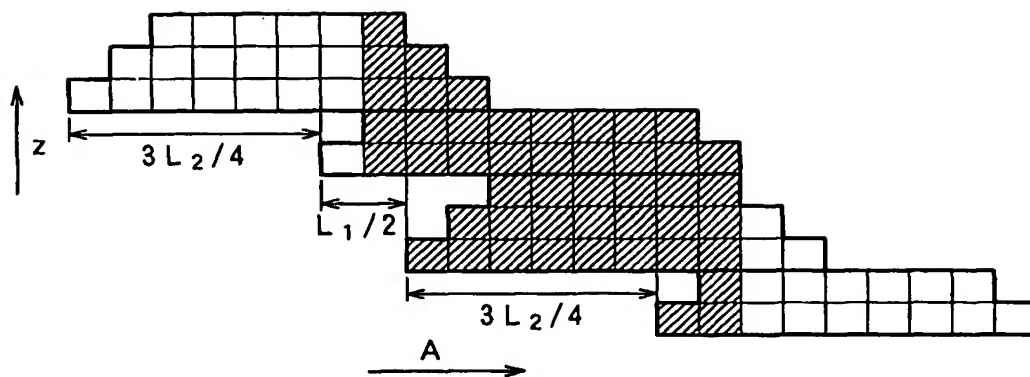


FIG. 20

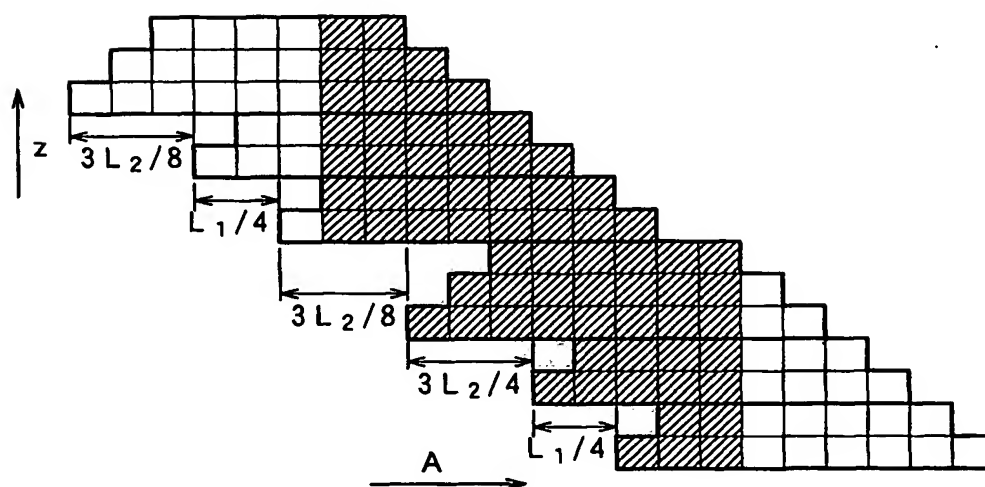


FIG. 21

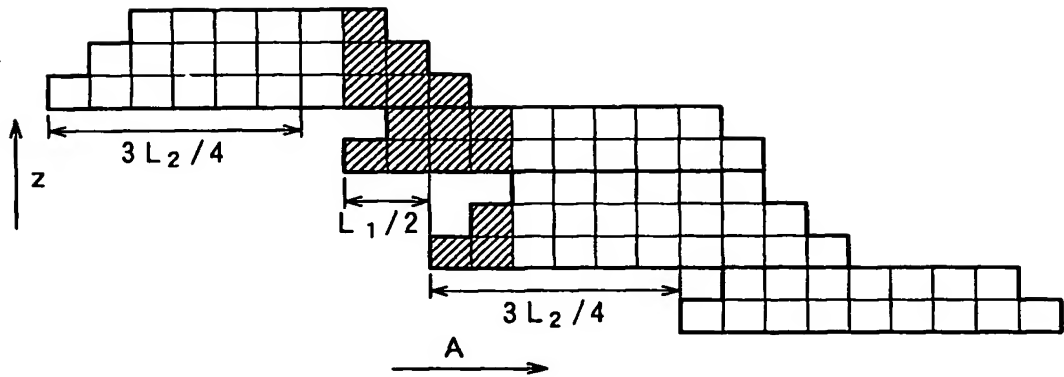


FIG. 22A

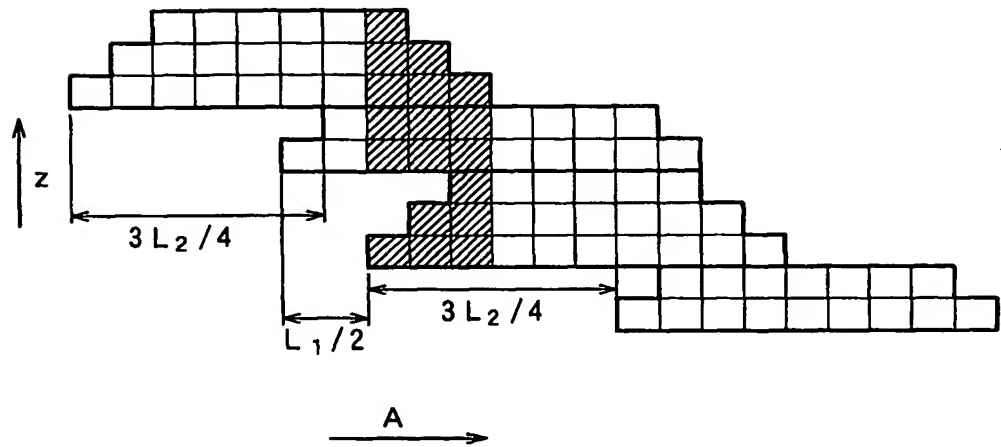


FIG. 22B

15/15

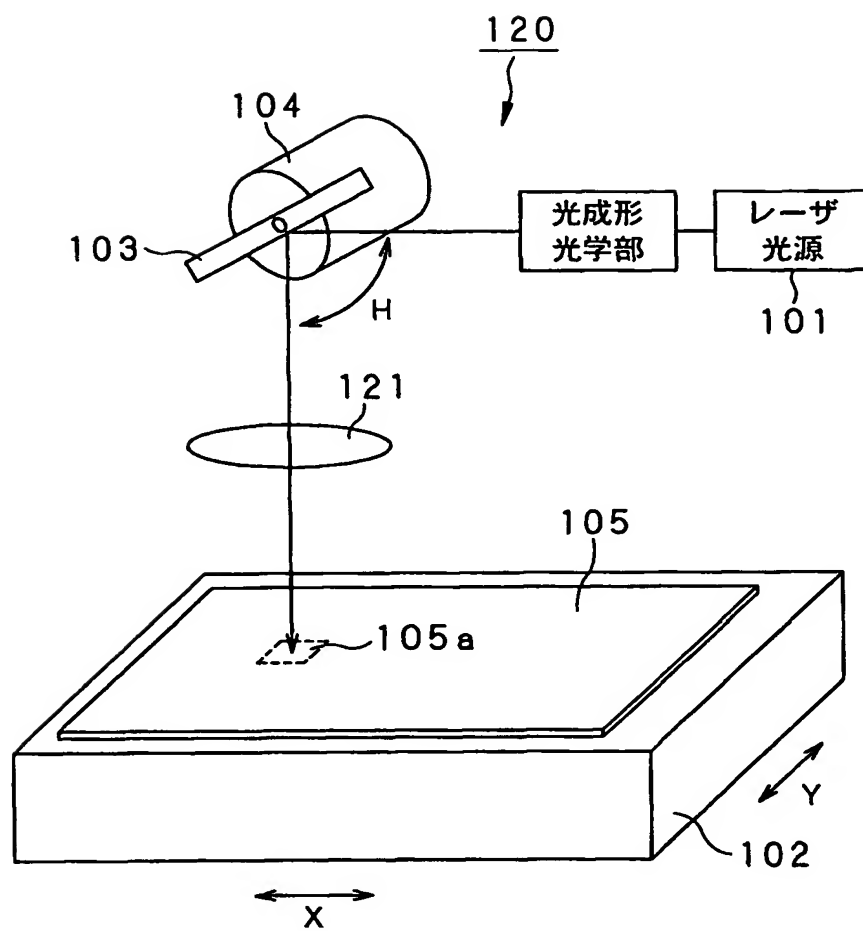


FIG.23

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP03/13647

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl⁷ H01L21/268, H01L21/20

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl⁷ H01L21/26-21/268, H01L21/322-21/326, H01L21/20

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2003
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2003	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2003

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 9-7968 A (Mitsubishi Electric Corp.), 10 January, 1997 (10.01.97), Full text; Figs. 1 to 18 (Family: none)	1, 11-13, 15-17, 23, 24 2-10, 14, 18-22
Y	JP 2002-176006 A (Sumitomo Heavy Industries, Ltd.), 21 June, 2002 (21.06.02), Full text; Figs. 1 to 17 (Family: none)	2-10, 14, 8-22
P, X	JP 2003-45820 A (Semiconductor Energy Laboratory Co., Ltd.), 14 February, 2003 (14.02.03), Full text; Figs. 1 to 16 (Family: none)	1-24



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:
 "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
 "E" earlier document but published on or after the international filing date
 "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
 "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
 "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
 "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
 "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
 "&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
24 December, 2003 (24.12.03)

Date of mailing of the international search report
20 January, 2004 (20.01.04)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP03/13647

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2002-50583 A (Sony Corp.), 15 February, 2002 (15.02.02), Full text; Figs. 1 to 3 (Family: none)	1-24

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁷ H01L21/268, H01L21/20

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁷ H01L21/26-21/268, H01L21/322-21/326,
H01L21/20

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2003年
日本国登録実用新案公報	1994-2003年
日本国実用新案登録公報	1996-2003年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X	JP 9-7968 A (三菱電機株式会社)	1, 11-13,
Y	1997. 01. 10, 全文, 第1-18図 (ファミリーなし)	15-17, 23, 24
Y	JP 2002-176006 A (住友重機械工業株式会社)	2-10, 14, 18-22
	2002. 06. 21, 全文, 第1-17図 (ファミリーなし)	2-10, 14, 18-22

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

- 「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
- 「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
- 「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
- 「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
- 「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願日の後に公表された文献
- 「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
- 「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
- 「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
- 「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

24. 12. 03

国際調査報告の発送日

20.01.04

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

萩原 周治

印

4L

9835

電話番号 03-3581-1101 内線 3496

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
P X	J P 2003-45820 A (株式会社半導体エネルギー研究所) 2003. 02. 14, 全文, 第1-16図 (ファミリーなし)	1-24
A	J P 2002-50583 A (ソニー株式会社) 2002. 02. 15, 全文, 第1-3図 (ファミリーなし)	1-24